

---

Departement für Kleintiere, Klinik für Zoo-, Heim- und Wildtiere  
der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

Leitung: Prof. Dr. Jean-Michel Hatt

**Literaturübersicht zur Protozoenfauna im Vormagen von  
Wiederkäuern unter besonderer Berücksichtigung von  
Unterschieden zwischen den Äsungstypen**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der  
Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

vorgelegt von

**Katharina Müller**

Tierärztin  
von Göttingen (TG)

genehmigt auf Antrag von

PD Dr. Marcus Clauss, Referent  
Prof. Dr. Karl-Heinz Südekum, Korreferent

Zürich 2009

---

---

Meiner Familie und meinem Freund

---

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b>	<b>4</b>
<b>VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN</b>	<b>7</b>
<b>1 ZUSAMMENFASSUNG, SUMMARY</b>	<b>9</b>
1.1 Zusammenfassung	9
1.2 Summary	10
<b>2 EINLEITUNG</b>	<b>11</b>
2.1 Ziel der vorliegenden Arbeit: Systematische Betrachtung der Protozoenfauna bei Wildwiederkäuern	12
2.1.1 Einteilung von Wildwiederkäuern in Äsungstypen	12
2.1.2 Unterschiede in der Protozoenfauna zwischen den Äsungstypen: Überblick über Vermutungen und Arbeitshypothesen	12
<b>3 LITERATURÜBERSICHT</b>	<b>16</b>
3.1 Allgemeines	16
3.1.1 Protozoen bei Nichtwiederkäuern	17
3.1.2 Definition der Protozoen	18
3.1.3 Definition der Protozoen-Wirt-Beziehung	18
3.1.4 Morphologie	18
3.1.5 Taxonomie der Protozoen	21
3.1.6 Kultur	25
3.1.7 Faunierung von Jungtieren	26
3.1.8 Protozoen und die Ernährung des Wirtes	27
3.1.9 Nahrungssubstrat	28
3.1.10 Sauerstoffbedarf	28
3.1.11 Verdauung von Pflanzenmaterialien	28
3.1.12 Kohlenhydratmetabolismus	30
3.1.13 Lipidmetabolismus	33
3.1.14 Stickstoffmetabolismus	35
3.1.15 Methanproduktion	36
3.1.16 Mineralstoffmetabolismus, Vitamine	38
3.1.17 Effekt der Defaunierung	38
3.1.18 Generationszeiten	40
3.2 Einflüsse auf die Protozoenpopulation im Vormagen	42
3.2.1 Interaktionen zwischen Protozoengruppen	42
3.2.2 Interaktionen zwischen Protozoen und Bakterien	43
3.2.3 Tägliche Schwankungen in der Protozoenpopulation	44
3.2.4 Jahreszeitliche Schwankungen der Protozoen	47
3.2.5 Weltweite Verteilung der Protozoen	49
3.2.6 Verteilung im Pansen	50
3.2.7 Retentionsmechanismen	51
3.2.8 Einfluss der Fütterung auf die Protozoenpopulation	52

<b>4</b>	<b>MATERIAL UND METHODEN</b>	<b>74</b>
<b>4.1</b>	<b>Datengewinnung</b>	<b>74</b>
4.1.1	Nomenklatur	74
4.1.2	Äsungstypen und Grasanteil in der Nahrung	74
<b>4.2</b>	<b>Darstellung der Ergebnisse</b>	<b>75</b>
4.2.1	Tabellenwerk	75
4.2.2	Statistische Auswertung	75
<b>5</b>	<b>RESULTATE</b>	<b>76</b>
<b>5.1</b>	<b>Zusammenfassung der quantitativen Angaben zu Wildwiederkäuern</b>	<b>78</b>
<b>5.2</b>	<b>Zusammenhang verschiedener Merkmale bei Wildwiederkäuern</b>	<b>82</b>
5.2.1	Zusammenhang Spezieszahl-Protozoengruppen	82
5.2.2	Zusammenhang zwischen den Protozoengruppen	84
5.2.3	Einfluss der Körpermasse	86
5.2.4	Einfluss des Äsungstyps/ des Grasanteils in der Nahrung	88
<b>6</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>91</b>
<b>6.1</b>	<b>Kritik der Methoden</b>	<b>91</b>
6.1.1	Herkunft der Tiere	91
6.1.2	Probengewinnung	91
6.1.3	Bestimmungsmethode: Taxonomie	92
<b>6.2</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse</b>	<b>92</b>
<b>7</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNGEN</b>	<b>102</b>
<b>8</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>103</b>
<b>9</b>	<b>APPENDIX</b>	<b>119</b>
<b>9.1</b>	<b>Quellensammlung zu Hauswiederkäuern</b>	<b>119</b>
9.1.1	Hausrinder	119
9.1.2	Hausschafe	119
<b>9.2</b>	<b>Angaben zu einzelnen Wildwiederkäuerarten</b>	<b>120</b>
9.2.1	Kantschile ( <i>Tragulus spp.</i> )	120
9.2.2	Gabelbock ( <i>Antilocapra americana</i> )	120
9.2.3	Giraffe ( <i>Giraffa camelopardalis</i> )	121
9.2.4	Okapi ( <i>Okapia johnstoni</i> )	121
9.2.5	Axishirsch ( <i>Axis axis</i> )	121
9.2.6	Damhirsch ( <i>Dama dama</i> )	121
9.2.7	Indischer Sambar ( <i>Cervus unicolor</i> )	123
9.2.8	Sikahirsche ( <i>Cervus nippon</i> )	123
9.2.9	Rothirsch ( <i>Cervus elaphus</i> )	125
9.2.10	Waipiti ( <i>Cervus elaphus canadensis</i> )	127
9.2.11	Reh ( <i>Capreolus capreolus</i> )	127
9.2.12	Weisswedelhirsch ( <i>Odocoileus virginianus</i> )	129
9.2.13	Schwarzwedel- und Maultierhirsch ( <i>Odocoileus hemionus</i> )	129
9.2.14	Elch ( <i>Alces alces</i> )	131
9.2.15	Rentier ( <i>Rangifer tarandus</i> )	131
9.2.16	Bison ( <i>Bison bison</i> )	133

9.2.17	Yak ( <i>Bos grunniens</i> )	134
9.2.18	Zeburind ( <i>Bos indicus</i> )	135
9.2.19	Gaur ( <i>Bos gaurus</i> )	136
9.2.20	Kafferbüffel ( <i>Syncerus caffer</i> )	136
9.2.21	Wasserbüffel ( <i>Bubalis bubalis</i> )	137
9.2.22	Sitatunga ( <i>Tragelaphus spekei</i> )	138
9.2.23	Buschbock ( <i>Tragelaphus scriptus</i> )	139
9.2.24	Grosser Kudu ( <i>Tragelaphus strepsiceros</i> )	139
9.2.25	Elenantilope ( <i>Taurotragus oryx</i> )	139
9.2.26	Buschducker ( <i>Sylvicapra grimmii</i> )	139
9.2.27	Blauducker ( <i>Cephalophus monticola</i> )	140
9.2.28	Rotducker ( <i>Cephalophus harveyi</i> )	140
9.2.29	Pferdeantilope ( <i>Hippotragus equinus</i> )	140
9.2.30	Rappenantilope ( <i>Hippotragus niger</i> )	141
9.2.31	Wasserbock ( <i>Kobus ellipsiprymnus</i> )	141
9.2.32	Kob ( <i>Kobus kob</i> )	141
9.2.33	Litschi-Wasserbock ( <i>Kobus leche kafuensis</i> )	142
9.2.34	Riedbock ( <i>Redunca redunca</i> )	142
9.2.35	Grossriedbock ( <i>Redunca arundinum</i> )	142
9.2.36	Bergriedbock ( <i>Redunca fulvorufula</i> )	143
9.2.37	Klippspringer ( <i>Oreotragus oreotragus</i> )	143
9.2.38	Steinböckchen ( <i>Raphiceros rufescens</i> )	143
9.2.39	Güntherdikdik ( <i>Madoqua guentheri</i> )	143
9.2.40	Hirschziegenantilope ( <i>Antilope cervicapra</i> )	144
9.2.41	Thomson-Gazelle ( <i>Gazella thomsonii</i> )	144
9.2.42	Grantgazelle ( <i>Gazella granti</i> )	144
9.2.43	Kropfgazelle ( <i>Procapra gutturosa</i> )	145
9.2.44	Springbock ( <i>Antidorcas marsupialis</i> )	145
9.2.45	Impala ( <i>Aepyceros melampus</i> )	145
9.2.46	Gnu ( <i>Connochaetes taurinus</i> )	146
9.2.47	Kuhantilope ( <i>Aelaphus buselaphus</i> )	146
9.2.48	Leierantilope ( <i>Damaliscus lunatus</i> )	146
9.2.49	Buntbock ( <i>Damaliscus dorcas</i> )	146
9.2.50	Gemse ( <i>Rupicapra rupicapra</i> )	147
9.2.51	Japanischer Serau ( <i>Capricornis crispus</i> )	149
9.2.52	Bezoarziege ( <i>Capra aegargus</i> )	149
9.2.53	Mouflon ( <i>Ovis musimon</i> )	149
9.2.54	Asiatisches Mouflon ( <i>Ovis orientalis</i> )	150
9.2.55	Dickhornschaf ( <i>Ovis canadensis</i> )	150
9.2.56	Dallschaf ( <i>Ovis dalli</i> )	150
9.2.57	Schneeschat ( <i>Ovis nivicola</i> )	150
9.2.58	Moschusochse ( <i>Ovibos moschatus</i> )	151

## 10 DANKSAGUNG

152

---

## VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN

Die aufgeführten Abkürzungen werden im Text der vorliegenden Arbeit verwendet.

B.	Bütschlia
°C	Grad Celsius
CH <sub>4</sub>	Methan
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
Da.	Dasytricha
Di.	Diplodinium
E.	Entodinium
Ep.	Epidinium
Eu.	Eudiplodinium
FS	Fettsäure
H <sub>2</sub>	Wasserstoff
I.	Isotricha
M.	Metadinium
µm	Mikrometer
ml	Milliliter
NDF	Neutrale Detergenzienfaser
NfE	Stickstoff-freie Extraktstoffe
Ng	Nanogramm
O.	Ophryoscolex
OM	Organisches Material
P.	Polyplastron
spp.	Subspezies
TS	Trockensubstanz
VFA	Flüchtige Fettsäuren (volatile fatty acids)
vol	Volumen

Die aufgeführten Abkürzungen werden in den Tabellen der vorliegenden Arbeit verwendet.

ad lib	Ad libitum Fütterung
Dipl.	Diplodinium
Ent.	Entodinium
Ep.	Epidinium
Freie Wildbahn	In freier Wildbahn geschossene Tiere
Frühl.	Im Frühling gewonnene Proben
Game Ranch	Auf einer Farm gehaltene Tiere mit arttypischem Futter
Gefangenschaft	In Gefangenschaft lebende Tiere
Gem.	Gemischte Ration aus Rauhfutter/Grundfutter und Konzentrat
Gesamt	Gesamte Protozoenzahl
h	Stunden nach der Fütterung
Holo	Holotriche
kD	Keine Daten vorliegend
Konz.	Konzentrat
m. FV	Resultate inklusive Fütterungsversuche

---

o. FV.	Resultate ohne Fütterungsversuche
Rau.	Rauhfutter
rest	Restriktive Fütterung
Rest	Restliche Spezies
Sp	Anzahl Spezies
Veg.	Während der Vegetationsperiode gewonnene Proben
*	Von Gramm umgerechnet in ml
↑	Anzahl steigt
↓	Anzahl sinkt
≈	Anzahl bleibt etwa gleich
0	Anzahl sinkt auf Null



---

# 1 ZUSAMMENFASSUNG, SUMMARY

## 1.1 Zusammenfassung

Es wurde immer wieder vermutet, dass sich die Äsungstypen der Wiederkäuer hinsichtlich ihrer Protozoenfauna im Pansen unterscheiden, ohne dass dies quantitativ untersucht wurde. Die vorliegende Arbeit gibt eine Literaturübersicht zur Rolle von Protozoen in der Verdauungsphysiologie von Hauswiederkäuern und wertet existierende Daten zur Protozoenfauna von Wildwiederkäuern quantitativ aus. Unter anderem zeigen sich folgende Ergebnisse:

Die Protozoenkonzentration korreliert weder mit dem Äsungstyp noch mit der Körpermasse der Wildwiederkäuer-Spezies, zeigt aber einen schwach negativen Bezug zur Protozoendiversität.

Grössere Wildwiederkäuer-Spezies zeigen eine höhere Protozoendiversität. Es bestehen Korrelationen zwischen der Körpermasse und dem Anteil an Entodinen bzw. Diplodinen. Holotriche treten vorwiegend bei Tieren über 100 kg Körpermasse auf.

Mit zunehmendem Anteil an Gräsern in der natürlichen Äsung gehen Entodinen zurück und Diplodinen nehmen zu; diese beiden Gruppen sind streng reziprok. Der bei Hausrindern gefundene Zusammenhang zwischen Rohfutteranteil und Holotrichen zeigt sich bei Wildwiederkäuern mit zunehmender Grasäsung nicht.

Die Ergebnisse belegen einen Einfluss der natürlichen Äsung auf die Protozoenfauna. Die Bedeutung von Diplodinen für Wildwiederkäuer, und die Besonderheiten bei Haus- und Wildrindern, die das vermehrte Auftreten von Holotrichen bei dieser Gruppe bei Rohfutter begünstigen, sollten weiter erforscht werden.

---

## 1.2 Summary

It has repeatedly been suggested that ruminant feeding types differ in their ruminal protozoal fauna, yet quantitative investigations are lacking. This study reviews the literature on the role of protozoa in the digestive physiology of domestic ruminants and quantitatively evaluates existing data on the protozoal fauna of wild ruminants. The following results are reached:

The protozoa concentration does not correlate with feeding type or body mass in wild ruminants, but shows a weak, negative association with protozoal diversity.

Larger wild ruminants have a higher protozoal diversity. There are correlations between body mass and the proportion of Entodinia and Diplodinia. Holotricha occur mostly in animals above 100 kg body mass.

With an increasing proportion of grasses in the natural diet, the proportion of Entodinia decreases and that of Diplodinia increases; these two groups show a reciprocal association. The association between roughage feeding and Holotricha, evident in domestic cattle, is not mirrored in wild ruminants with an increasing proportion of grass in their natural diet.

The results corroborate an influence of the natural diet on the protozoal fauna. The relevance of Diplodinia in wild ruminants, and the particularities of domestic and wild cattle species that cause the increased occurrence of Holotricha with roughage feeding in this group, should be further investigated.

---

## 2 EINLEITUNG

Im Vormagen von Wiederkäuern findet eine erhebliche mikrobielle Verdauung statt, welche neben den Bakterien auch durch Pansenprotozoen bewerkstelligt wird. Letztere beeinflussen unter anderem die Fermentation von Fasermaterial (Jouany & Ushida 1990), den Umsatz von Stickstoff und Aminosäuren (Itabashi et al. 1990), die Methanproduktion und selbst den Mineralstoffhaushalt (Ivan et al. 1986). Dabei zeigen verschiedene Studien an Hauswiederkäuern, dass diese auch ohne Protozoen überleben können (s. Kapitel 3.1.17). Im Gegenteil, konnte durch die Unterdrückung der Protozoenaktivität beziehungsweise den Einsatz defaunierter Tiere eine Leistungssteigerung erzielt werden. Die definitive Rolle der Pansenprotozoen konnte auch nach zahlreichen Untersuchungen noch nicht gesichert werden. Einige Autoren sehen in ihnen Symbionten, andere Kommensale, Mutualisten oder gar Parasiten (Oxford 1955b) des Verdauungssystems (Cheng 1986).

Wildwiederkäuer werden traditionellerweise in Laub-, Gras-, und Mischäser eingeteilt (Hofmann 1973). Es gibt dabei deutliche Hinweise auf Unterschiede in der Vormagenmorphologie und der -physiologie zwischen den Äsungstypen, auch wenn ein vergleichender, statistischer Nachweis in vielen Fällen noch aussteht (Clauss et al. 2008b). Ein wesentlicher Bestandteil eines mechanistischen Modells, das eine funktionelle Interpretation der verschiedenen beobachteten morphophysiologischen Unterschiede zwischen Gras- und Laubäsern anbietet, ist die selektive Retention von Futterpartikeln im Pansen, die bei den Grasäsern vermeintlich deutlicher ausgeprägt ist (Clauss & Lechner-Doll 2001; Tschuror & Clauss 2008). Hinsichtlich der Protozoen wurden bei Laubäsern mehrfach nahezu ausschliesslich *Entodinium* spp. im Vormagen gefunden, während Grasäser eine grössere Vielfalt an Protozoen aufweisen (Buisson 1923; Jameson 1925; Dogiel 1932; Sládeček 1946; Kraschenninikow 1955; Zielyk 1961; Pearson 1965, 1969; Giesecke 1970; Prins & Geelen 1971; Dehority 1974; Kleynhans & Van Hoven 1976; Wilkinson & Van Hoven 1976; Hoppe et al. 1981; Dehority 1986b, 1990; Imai & Rung 1990b; Dehority 1994; Deutsch et al. 1998). Dies wurde wiederholt damit in Zusammenhang gebracht, dass *Entodinium* spp. die Protozoen mit der kürzesten Generationszeit darstellen und daher als einzige bei dem rascheren Ingesta-Turnover im Vormagen von Laubäsern lebensfähige Populationen ausbilden können (Dehority 1994). Allerdings gibt es bislang keine systematische oder statistische Auswertung dieser vereinzelt Befunde, und keine weitergehenden, interpretatorischen Verknüpfungen mit der Verdauungsphysiologie der verschiedenen Äsungstypen.

---

## **2.1 Ziel der vorliegenden Arbeit: Systematische Betrachtung der Protozoenfauna bei Wildwiederkäuern**

In dieser Dissertation soll zunächst eine Literaturübersicht zur Rolle von Protozoen in der Verdauungsphysiologie von Hauswiederkäuern erstellt werden. Dabei sollen potentielle Mechanismen, die mit der Faserverdaulichkeit, der Methanproduktion sowie der Viskosität des Panseninhaltes zusammenhängen, besondere Beachtung finden, da diese Merkmale in der Diskussion um Unterschiede in der Vormagenphysiologie von Wildwiederkäuern zentrale Rollen spielen.

In einem zweiten Schritt sollen danach existierende Angaben zur Protozoenfauna von Wildwiederkäuern tabellarisch erfasst, zusammengefasst und statistisch ausgewertet werden. Dies erlaubt es einerseits, darzulegen, welche Wildwiederkäuer bis anhin schon gut untersucht wurden, und bei welchen noch Forschungsbedarf besteht. Andererseits sollen die gesammelten Daten verwendet werden, um etwaige Unterschiede zwischen Wiederkäuern unterschiedlicher Grösse und verschiedener Äsungstypen darzustellen.

### **2.1.1 Einteilung von Wildwiederkäuern in Äsungstypen**

Neben einer taxonomischen Einteilung können die Wildwiederkäuer aufgrund ihrer natürlichen Äsung in verschiedene Äsungstypen eingeteilt werden (z.B. Owen-Smith 1982; Gagnon & Chew 2000). Traditionellerweise wird eine Einteilung in Laubäser, Grasäser und Mischäser vorgenommen, wobei insbesondere manche kleine Wiederkäuer wie Ducker auch gelegentlich als Frugivore eingeordnet werden.

Diese Einteilung aufgrund der natürlichen Äsung schlägt sich auch in verschiedenen morphologischen Unterschieden nieder, die von Hofmann (1973) anhand afrikanischer Arten zum ersten Mal detailliert beschrieben wurden. Ebenso sind Unterschiede in der Verdauungsphysiologie zwischen den Arten belegt. Einen Überblick über die Unterschiede zwischen den Äsungstypen geben Clauss et al. (2008b).

### **2.1.2 Unterschiede in der Protozoenfauna zwischen den Äsungstypen: Überblick über Vermutungen und Arbeitshypothesen**

Die Protozoenfauna einer grossen Zahl von Wildwiederkäuer-Spezies wurde in zahlreichen Publikationen untersucht. Eine systematische Auswertung dieser Einzeldaten existiert bislang nicht und ist das Ziel der vorliegenden Arbeit. Dabei sollen vor allem die im Folgenden aufgeführten Hypothesen getestet werden.

#### **2.1.2.1 Konzentration der Protozoen im Pansen**

In verschiedenen Studien wurden Verallgemeinerungen hinsichtlich der Protozoenkonzentration im Pansen bei den verschiedenen Äsungstypen gemacht. In einigen dieser Studien wurde vermutet, dass Laubäser nur eine geringe Konzentration an Protozoen besitzen, welche in manchen Fällen sogar gänzlich fehlen können

---

(Giesecke 1970; Prins & Geelen 1971; Drescher-Kaden 1981). Allerdings wurden ebenso bei Laubäsern schon sehr hohe Protozoenkonzentrationen gemessen (Drescher-Kaden 1981; Dehority 1990). Verallgemeinert wird oft postuliert, dass bei Laubäsern eine grössere Ziliatenkonzentration im Vormagen zu finden ist, während Grasäser eine geringere Konzentration aufweisen (Buisson 1923; Jameson 1925; Dogiel 1932; Wertheim 1934b; Sládeček 1946; Kraschenninikow 1955; Zielyk 1961; Pearson 1965, 1969; Giesecke 1970; Prins & Geelen 1971; Dehority 1974; Kleynhans & Van Hoven 1976; Wilkinson & Van Hoven 1976; Hoppe et al. 1981; Dehority 1986b, 1990; Imai & Rung 1990a; Dehority 1994; Deutsch et al. 1998).

Aufgrund dieser widersprüchlichen Angaben lässt sich kein Zusammenhang zwischen der Protozoenkonzentration und dem Äsungstyp postulieren. Ebenso gibt es in der Literatur keine Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen der Protozoenkonzentration und dem Körpergewicht.

***Arbeitshypothese 1: Es existiert kein Zusammenhang zwischen dem Äsungstyp und der Protozoenkonzentration im Pansen.***

***Arbeitshypothese 2: Es existiert kein Zusammenhang zwischen der Körpermasse und der Protozoenkonzentration im Pansen.***

#### 2.1.2.2 Speziesdiversität

In zahlreichen Publikationen wird vermutet, dass Laubäser eine weniger komplexe Zusammensetzung der Pansenziliaten aufweisen, während Grasäser eine vielfältigere Fauna zu besitzen scheinen (Prins & Geelen 1971; Giesecke & Van Gylswyk 1975; Dehority 1990; Imai et al. 1992; Ito et al. 1993; Dehority et al. 1999a; Clauss & Lechner-Doll 2001; Dehority & Odenyo 2003; Behrend et al. 2004).

Allerdings wurde diese Beobachtung von verschiedenen Autoren relativiert, die vermuten, dass dies so nur auf in Europa heimische Wiederkäuer-Arten zutrifft (Giesecke 1969; Van Hoven 1983). Nur auf Afrika bezogen vermuten einige Autoren, dass die Vielfalt der Infusorien bei den Laubäsern grösser ist als bei den Grasäsern (Dogiel 1925, 1927, 1932; Van Hoven 1975; Kleynhans & Van Hoven 1976; Wilkinson & van Hoven 1976).

Dieser Umstand wurde oft einer unterschiedlich selektiven Retention von Futterpartikeln und verschiedenen Generationszeiten der einzelnen Gattungen zugeschrieben. Allerdings gibt es bis anhin keine systematische oder statistische Auswertung dieser vereinzelt Befunde und keine weitergehenden interpretatorischen Verknüpfungen mit der Verdauungsphysiologie der verschiedenen Äsungstypen.

Insbesondere aufgrund des jüngeren Datums der Publikationen, die die erste Hypothese vertreten, lautet dennoch die

***Arbeitshypothese 3: Laubäser weisen eine geringere Diversität der Protozoanfauna auf als Grasäser.***

Aufgrund der Überlegung, dass die Diversität der Protozoenfauna allerdings auch ein Effekt des Pansenvolumens – und des damit zur Verfügung stehenden Raumes für Nischenbildung – sein könnte, lautet eine weitere

---

**Arbeitshypothese 4: Grössere Wiederkäuer-Spezies weisen eine höhere Diversität der Protozoanfauna auf als kleinere Spezies.**

Aus den Hypothesen 1 und 3 sowie 2 und 4 ergibt sich die

**Arbeitshypothese 5: Es besteht kein Zusammenhang zwischen der Protozoen-konzentration und der Protozoen-Diversität.**

2.1.2.3 Einzelne Ziliatengruppen

Es wurde wiederholt beschrieben, dass sich bei Laubäsern die Pansenprotozoen meist nur aus Spezies der Gattung *Entodinium* zusammensetzen (Buisson 1924; Dogiel 1925, 1932; Drescher-Kaden 1981; Hoppe et al. 1981; Dehority et al. 1999a; Clauss & Lechner-Doll 2001; Dehority & Odenyo 2003; Behrend et al. 2004). Dabei ist diese Gattung in vielen Fällen nur durch die Spezies *E. dubardi* vertreten (Buisson 1923; Pearson 1969; Giesecke 1970; Prins & Geelen 1971; Dehority 1974; Drescher-Kaden & Seifelnasr 1977; Bonhomme 1990).

**Arbeitshypothese 6: Mit ansteigendem Anteil an Nicht-Gräsern in der natürlichen Äsung nimmt der Anteil von *Entodinium* spp. an der Protozoenfauna zu.**

Da *Entodinium* spp. bei jedweder Wiederkäuer-Gruppe beschrieben worden sind, gilt zudem die

**Arbeitshypothese 7: Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von *Entodinium* spp. und der Körpermasse.**

Hinsichtlich der Holotrichen sind die Aussagen in der Literatur ebenfalls widersprüchlich. Einige Autoren geben – vor allem unter Bezug auf europäische Wildwiederkäuer – an, dass Holotriche (insbesondere die Gattungen *Dasytricha* und *Isotricha*) vor allem bei Grasäsern auftreten (Giesecke 1969, 1970; Prins & Geelen 1971; Drescher-Kaden 1981). In Afrika hingegen erscheinen *Dasytricha* und *Isotricha* spp. regelmässiger bei Laubäsern (Van Hoven 1983) oder tendieren sogar dazu, häufiger bei diesem Äsungstyp aufzutreten (Dogiel 1925, 1927, 1932; Van Hoven 1975; Kleynhans & Van Hoven 1976; Wilkonson & van Hoven 1976).

In Anbetracht der eher ausgeglichenen Literaturlage lautet die

**Arbeitshypothese 8: Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Äsungstyp und dem Auftreten von Holotrichen.**

Laut Giesecke (1970) besitzen kleine Wiederkäuer nie Holotriche. Daher lautet eine weitere

**Arbeitshypothese 9: Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Holotrichen und der Körpermasse.**

*Diplodinia* kommen laut Drescher-Kaden (1981) vermehrt bei Grasäsern vor. Andere allgemeingültige Aussagen zum Auftreten von *Diplodinia* sind in der Literatur nicht zu finden, auch nicht hinsichtlich der Körpergrösse. Daher lauten die beiden Hypothesen wie folgt:

---

**Arbeitshypothese 10: Mit ansteigendem Anteil an Gräsern in der natürlichen Äsung nimmt der Anteil von Diplodinium spp. an der Protozoenfauna zu.**

**Arbeitshypothese 11: Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Diplodinium spp. und der Körpermasse.**

Aus Arbeitshypothesen 6 und 10 ergibt sich die

**Arbeitshypothese 12: Das Vorkommen von Entodinium spp. und Diplodinium spp. verhält sich reziprok zueinander.**

---

## 3 LITERATURÜBERSICHT

### 3.1 Allgemeines

Wie die meisten höheren Tiere können Wirbeltiere die Zellwand von Pflanzenmaterial nicht selbständig verdauen – sie sind dafür auf die Hilfe symbiotischer Mikroorganismen in ihrem Magen-Darm-Trakt angewiesen. Bakterien machen bei allen Säugetieren den Grossteil dieser symbiotischen Mikroflora und -fauna aus, doch kommen bei vielen Pflanzenfressern neben Archaea und Pilzen auch symbiotische Protozoen im Magen-Darm-Trakt vor (Stevens & Hume 1998). Und obwohl die absolute Zahl der Protozoen geringer ist als diejenige der Bakterien, beträgt ihr Anteil bei Wiederkäuern dennoch 40 % bis 80 % am mikrobiellen Volumen (Harrison & MacAllan 1980).

Protozoen wurden erstmals im Jahre 1674 von Antony van Leeuwenhoek beschrieben. Die ersten Pansenprotozoen bei domestizierten Wiederkäuern wurden hingegen erst im neunzehnten Jahrhundert durch Gruby und Delafond (1843) beobachtet. Evolutionär gesehen sind die Pansenorganismen mehr als drei Billionen Jahre alt. Sie repräsentieren einige der ursprünglichsten Taxa, welche noch auf der Erde existieren, wobei die Methanogenen die älteste Gruppe ausmachen (Van Soest 1994b). Bei den Säugetieren wurden drei Typen von Protozoen beschrieben - Amöben, Flagellaten und Ziliaten (Cameron 2003). Der grösste Teil der Pansenprotozoen zählt zu den Letzteren (Giesecke 1970). Flagellaten (z.B. *Monocercomonas* und *Trichomonas*) treten hauptsächlich bei ziliatenfreien Tieren in grösserer Zahl auf (Hungate 1966; Clarke & Hungate 1977). Potentiell pathogene Organismen können im Pansen von Wiederkäuern oder im Dickdarm von Dickdarmfermentierern vorhanden sein; aufgrund der ökologischen Balance bilden sie physiologischerweise eine harmlose Nische, welche den Wirt nicht stört (Hungate 1972). Bei den parasitischen Formen hingegen führt die meist sehr schnelle Teilungsrate häufig zur Überschwemmung des Wirtes und damit einhergehend zu bedeutsamen Erkrankungen (Mehlhorn & Piekarski 1998).

Die meisten Ziliaten leben frei; es gibt aber auch einige Gattungen, die in einer symbiotischen Form (Zusammenleben verschiedener Arten zum gegenseitigen Vorteil) leben (Cheng 1986). In dieser Gruppe, deren Systematik sehr kompliziert ist, gibt es eine sehr grosse Anzahl von Kommensalen und Epizoen, bei denen offenbar Übergänge zum Parasitismus bestehen.

Als Kommensalismus wird die Vergesellschaftung zweier artverschiedener Organismen bezeichnet, aus der ein Partner Nutzen zieht, ohne dass der andere dadurch geschädigt wird. Epizoen sind Organismen, die ihr ganzes Leben, oder zumindest einen großen Teil davon, auf einem meist ortsbeweglichen Träger verbringen.

Für den Menschen haben neben Giardien und Kokkizidien auch Spezies wie *Balantidium coli* als Parasit Bedeutung erlangt, welche als Kommensal im Dickdarm von Schweinen leben (Mehlhorn & Piekarski 1998).

Obwohl fossile Beweise fehlen, wird vermutet, dass die Ziliaten eine uralte Gruppe repräsentieren, die jedoch nicht ganz so alt ist wie die der Flagellaten und der Amöben. Eventuell aufgrund dieser Ursache gibt es weniger parasitische Ziliaten als Flagellaten oder Amöben. Es ist möglich, dass die Ziliaten während der Evolution



eine grössere Spezialisierung erfahren haben, was zu einer Verfeinerung der physiologischen Bedürfnisse führte und eine Adaptation an eine parasitische Lebensweise schwieriger machte (Cheng 1986).

### 3.1.1 Protozoen bei Nichtwiederkäuern

Nicht nur bei Wiederkäuern, sondern auch bei verschiedensten anderen herbivoren Vormagenfermentierern, wie dem Kamel und dem Flusspferd, wurden bislang symbiotische Protozoen im Magen-Darm-Trakt festgestellt (Dogiel 1928; Thurston & Grain 1971). Dass die Vormagenfermentation keine ausschliessliche Fähigkeit von Säugetern ist, konnte anhand des Hoatzin (*Opisthocomus hoazin*) gezeigt werden, dem bisher einzig bekannten Vogel mit einer Vormagenfermentation im Kropf. Der gut entwickelte Kropf stellt ein Analog der Pansenkammer dar und besitzt eine hohe Dichte von Bakterien und Protozoen, welche bis anhin noch nicht identifiziert wurden. (Dominguez-Bello et al. 1993). Tabelle 1 gibt einen Überblick über die bis anhin untersuchten Tierarten.

**Tab. 1: Übersicht über Protozoennachweise bei verschiedenen Säugetern (exclusive Ruminantia)**

Ordnung	Familie	Spezies	lat. Bezeichnung	Quelle
Marsupiala	Macropodidae	Kängurus	<i>Macropus spp.</i> , <i>Petrogale spp.</i> , <i>Settonix brachyurus</i> , <i>Thylogale billardieri</i> , <i>Wallabia bicolor</i>	(Dehority 1996; Cameron 2003)
	Vombatidae	Wombats	<i>Lasiorhinus latifrons</i> , <i>Vombatus ursinus</i>	(Cameron 2003)
Rodentia	Caviidae	Meerschweine	<i>Cavia aperea</i>	(Dehority 1986a)
	Hydrochoeridae	Wasserschweine	<i>H. hydrochaeris</i>	(Tengler de McLure 1970; Dehority 1987; Borges et al. 1996) <sup>1</sup>
	Bathyergidae	Nacktmull	<i>H. glaber</i>	(Buffenstein & Yahav 1991)
Lagomorpha	Leporidae	Kaninchen	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	(Lelkes & Chang 1987)
Primates	Pongidae	Menschenaffen	<i>G. gorilla</i> , <i>Pan troglodytes</i>	(Dehority 1986a)
Proboscidea	Elephantidae	Elefanten	<i>Loxodonta africana</i> , <i>Elephas maximus</i>	(Eloff & van Hoven 1980; Dehority 1986a)
Perissodactyla	Rhinocerotidae	Nashörner	<i>Diceros bicornis</i> , <i>Ceratotherium simum</i>	(Dehority 1986a; Van Hoven et al. 1987, 1988; Van Hoven et al. 1998a; Van Hoven et al. 1998b; Ito et al. 2006, 2008; Obanda et al. 2008)
	Tapiridae	Tapire	<i>Tapirus spp.</i>	(Dehority 1986a)
	Equidae	Pferde	<i>Equus spp.</i>	(Hsiung 1930; Dehority 1986a; Goodson et al. 1988; Ito et al. 1996)
Artiodactyla	Suidae	Schweine	<i>P. africanus</i>	(Dehority 1986a)
	Camelidae	Kamele	<i>Camelus spp.</i> , <i>Llama spp.</i>	(Dehority 1986a; Imai & Rung 1990b; Selim et al. 1996; Selim et al. 1999; Kubesy & Dehority 2002)
	Hippopotamidae	Hippopotamus	<i>Hippopotamus amphibius</i>	(Thurston et al. 1968; Thurston & Grain 1971; Thurston & Noirot-Thimothee 1973; Van Hoven 1974; Dehority 1986a; Ito et al. 2002)
	Tayassuidae	Halsbandpekaris	<i>Tayassu tajacu</i>	(Carl & Brown 1983)
Galliformes	Opisthocomidae	Hoatzins	<i>Opisthocomus hoazin</i>	(Dominguez-Bello et al. 1993)

1: Die Protozoenkonzentration war im Caecum höher als im Colon, was darauf schliessen lässt, dass die Protozoen auch mittels des selektiven Retentionsmechanismus bei Caecumfermentierern zurückgehalten werden.

---

### 3.1.2 Definition der Protozoen

Bei den Protozoen handelt es sich um Lebewesen, die zu den Eukaryonten (alle Lebewesen mit einem Zellkern) zählen und die alle Lebensfunktionen (Nahrungsaufnahme, Stoffwechsel, Exkretion, Reproduktion, Reizbarkeit, Motilität etc.) in einer Zelle vereinigen (Mehlhorn & Piekarski 1998). Im Gegensatz dazu zählen Bakterien zu den Prokaryonten; sie sind kleiner als die Eukaryonten und besitzen weder einen Zellkern noch ein intrazelluläres Membransystem.

### 3.1.3 Definition der Protozoen-Wirt-Beziehung

Trotz vieler Diskussionen in der Literatur ist die Rolle der Pansenprotozoen für die Ernährung des Wirtes noch nicht ganz geklärt.

1929 wurde von Becker et al. erstmals gezeigt, dass Wiederkäuer ohne Veränderung ihres Gewichtes oder Metabolismus protozoenfrei leben können (Becker et al. 1929; Eadie 1962b). Die Beziehung zwischen den Protozoen und ihren Wirten ist folglich nicht strikt symbiotisch, was aber nicht bedeutet, dass die Protozoen keinen Wert für ihre Wirte haben; sie sind lediglich nicht essentiell (Becker et al. 1929).

Ob die Pansenziliaten nun aber Kommensale (Organismen, die vom Wirt profitieren, ohne ihm zu schaden oder Ressourcen zu entziehen), Parasiten (Organismen, die einem Wirt Ressourcen entziehen) oder Mutualisten (Organismen, die vom Wirt profitieren und diesem ebenfalls Vorteile verschaffen) sind, ist noch nicht geklärt, wohl auch, weil nur wenige generelle Angaben gemacht werden können. Zum Beispiel besitzt *Diplodinium maggii* eine Zellulase, aber koexistierende Spezies von Isotricha, Butschlia und Entodinium nicht. Deshalb scheint es sinnvoll, jede Spezies als einen eigenen physiologischen Organismus zu betrachten, trotz der nahen phylogenetischen Beziehung und der gemeinsamen Habitate dieser Spezies (Cheng 1986).

Diplodinium werden aufgrund der Zellulase und der zellulolytischen Bakterien, welche sie beherbergen, als Mutualisten betrachtet, weil sie ihrem Wirt bei der Verdauung der Zellulose helfen. Weiter erscheinen die Oligohymenophoreans in Paarhufern und Unpaarhufern ebenfalls als Mutualisten und helfen den begleitenden Bakterien, Kohlenhydrate zu spalten.

Vermeintlich nachteilige Wirkungen der Protozoen auf ihre Wirte könnte verschiedenen Ursachen zugeschrieben werden; zum Beispiel der Exkretion von Ammoniak, welcher dann nicht von den Pansenbakterien für die Proteinsynthese genutzt wird, vom Wirt absorbiert wird und dann umgewandelt und ausgeschieden werden muss, des Verbrauchs von B-Vitaminen, der Aufnahme und Zerstörung von nützlichen Bakterien, oder der Produktion von Laktat und anderen unerwünschten Zwischenprodukten des Kohlenhydratstoffwechsels, die von Pansenbakterien nicht weiter verarbeitet werden können (Oxford 1955b).

### 3.1.4 Morphologie

Die Ziliaten, die in sehr grosser Artenzahl auftreten, werden durch einen Kerndimorphismus (Makro- und Mikronukleus) gekennzeichnet und besitzen artspezifisch einen, zwei oder relativ wenige Kerne. Die Zellbegrenzung stellt stets

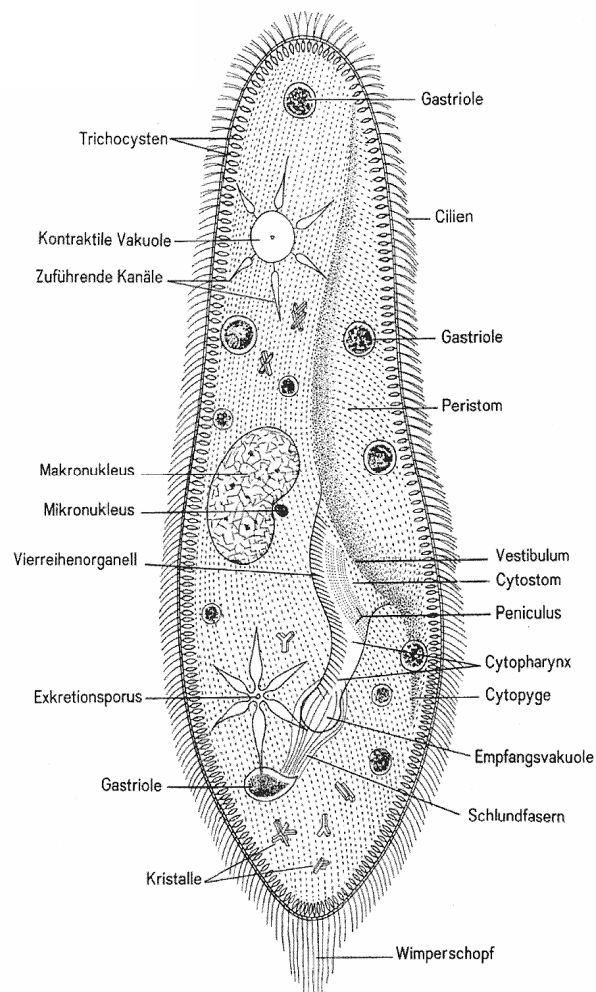
---

eine Zellmembran dar. Diese und die zahlreichen Zellorganellen (Endoplasmatisches Retikulum, Mitochondrien, Golgiapparat, Vakuolen, Ribosomen, Basalapparate, Zentriolen, Axoneme, Flagellen, Zilien, Lysosomen, Mikrotubuli, Filamente etc.) können bei den einzelnen Protozoengruppen in unterschiedlichster Weise auftreten. Ihre Anordnung und Spezialisierung wird zur Identifikation verwendet (Mehlhorn & Piekarski 1998). Die Körperform und die Grösse (Länge 12 - 200 µm, Breite 8 - 150 µm) variiert sehr zwischen den einzelnen Spezies. Das Hauptmerkmal der Ziliaten stellt aber der (zumindest in der Entwicklung nachzuweisende) Besitz von Wimpern (Zilien) als Bewegungsorganelle dar (Cheng 1986; Mehlhorn & Piekarski 1998), welche gleichmässig über die ganze Körperoberfläche verteilt sind oder in gewissen Arealen in grösserer Anzahl gruppiert vorkommen. Manche Spezies, wie Vertreter der Unterklasse Suctorians, weisen nur in einem bestimmten Entwicklungsstadium Zilien auf. Mikroskopisch erscheinen die Zilien als extrem feine, kurze, haarähnliche Projektionen, welche üblicherweise in bestimmten Reihen angeordnet sind. Jedes Zilium ist an einem Basalkörper - auch Kinetosom genannt - befestigt, welcher unmittelbar unter einer festen Membran, der Pellikula, liegt, die das Zytoplasma umgibt. Die Zilien schlagen in einer uniformen, wellenähnlichen Weise (Metachronismus), wobei der genaue Mechanismus der Bewegung und der Koordination bis anhin noch nicht vollständig dargestellt wurde.

Einige Autoren (Fernandez-Galiano 1955, 1958; Noiro-Timothée 1960) zeigten anhand struktureller und ultrastruktureller Untersuchungen eine viel höhere Komplexität von Pansenziliaten gegenüber anderen Protozoen. Skelettalplatten sind üblicherweise präsent, das argentophile Fibrillensystem ist einheitlich (Noiro-Timothée 1956c, b, a) und der Golgiapparat gut entwickelt (Noiro-Timothée 1956c). Die Mitochondrien sind sehr klein und einfach in der Ultrastruktur (Noiro-Timothée 1960), was zu der anaeroben Natur der Pansenprotozoen passt. Bei jeder Spezies besitzt der voluminöse Makronukleus und der kleine Mikronukleus eine spezifische Form und Lokalisation. Die Kerne der Holotrichen befinden sich im Endoplasma, während die der Entodiniomorphen im Ektoplasma liegen (Stern et al. 1977b). Der Makronukleus enthält eine grosse Menge DNA-reicher Granula und eine kleinere Anzahl von etwas grösseren Granula, die dem Nukleus entsprechen.

Das Endoplasma ist ein organisiertes, komplexes Verdauungssystem (Noiro-Timothée 1960), das aus einem Ösophagus, einem endoplasmatischen Sack und einem Rektum besteht. Der Ösophagus ist keine Ausdehnung des Infundibulums und kein Zytopharynx, sondern ein offener Schacht in welchem das Infundibulum lokalisiert ist. Die Extremitäten des mundnahen ziliären Bandes liegen an der Oberfläche seiner Wand. Die Aufnahme der Nahrung findet bei vielen Spezies über das Zytostom statt, welches in den Zytopharynx führt.

Ziliaten besitzen kontraktile, zytoplasmatische Vakuolen, welche vermutlich die Funktion der Osmoregulation und der Exkretion von metabolischen Produkten unter hyperosmotischen Bedingungen verrichten (Cheng 1986). Sie werden im ganzen Organismus gefunden und enthalten Chloroplasten, Bakterien oder Futterpartikel (Stern et al. 1977a), wobei eine Aufnahme von Chloroplasten bei den Entodiniomorphen, nicht aber bei den Holotrichen nachgewiesen wurde (Hall et al. 1974). Eine schematische graphische Darstellung eines Ziliaten findet sich in Abb. 1.



**Abb. 1: Schematische Darstellung eines Ziliaten (aus Kükenthal 1984)**

---

### 3.1.5 Taxonomie der Protozoen

Die klassische Taxonomie der Protozoen wurde um die Jahrhundertwende erstellt (s. Levine et al. 1980). Die Protozoen wurden in einen Stamm und zwei Unterstämme eingeteilt, die *Plasmodroma* (Mastigophora, Sarcodina, Sporozoa) und die *Ciliophora*. 1964 führte die Society of Protozoologists eine neue, aber ähnliche Klassifikation ein (Honigberg et al. 1964). Der Stamm der Protozoen beinhaltet demnach vier Unterstämme, die *Sarcomastigophora*, die *Sporozoa*, die *Cnidospora* und die *Ciliophora*.

Die in dieser Arbeit bedeutsamen *Ciliophora* beinhalten drei Klassen, die *Kinetofragminophorea*, die *Oligohymenophorea* und die *Polymenophorea* (Cheng 1986). Bei den *Kinetofragminophorea* ist der grösste Teil frei lebend, aber eine beträchtliche Anzahl dieser Protozoen lebt symbiotisch (Cheng 1986), wie zum Beispiel die Ziliaten im Pansen. Viele Mitglieder der Klasse der *Oligohymenophorea* sind parasitisch - fakultativ oder obligat. Zu dieser Klasse zählen Genera wie *Ichthyophthirius* (*I. multifiliis* verursacht die „Pünktchenkrankheit“, eine Hautkrankheit bei Süßwasserfischen) oder *Cryptocaryon* (*C. irritans* als Erreger der „Pünktchenkrankheit“ bei Salzwasserfischen) (Cheng 1986). Zu der Klasse der *Polymenophorea* zählen primär grosse, frei lebende Formen, welche in verschiedenen Habitaten erscheinen; einige Spezies aber, vor allem aus der Unterordnung der *Clevelandellina*, parasitieren im Verdauungstrakt von niederen Vertebraten, Arthropoden, und gelegentlich von Mollusken und Ringelwürmern (Cheng 1986).

Die weitere Unterteilung der *Kinetofragminophorea* scheint relativ uneinheitlich zu sein und variiert von Autor zu Autor. Hungate (1978) und Coleman (1979b) beschrieben die Unterklasse *Vestibuliferia* mit den Ordnungen der Trichostomatida und den Entodiniomorphida. Honigberg et. al (1964) postulierten die Einteilung in die Subklassen *Holotrichia*, *Peritrichia*, *Suctoria* und *Spirotrichia*. Lynn und Small (1997) beschrieben die Klasse der *Litostomatea* mit der Unterklasse der *Trichostomatia* und den zwei Ordnungen Vestibuliferans und Entodiniomorphida. Es zeigte sich, dass aus diesen Daten prinzipiell zwei Stammbäume erstellt werden können, welche in der Tabelle 2 aufgezeigt werden. In dieser findet sich auch die weitere Unterteilung in Ordnungen, Familien und Gattungen. Tabelle 3 zeigt die in dieser Schrift verwendete Taxonomie.

Die Protozoen der Unterklasse der *Suctorians* sind weit verbreitet als Ektosymbionten bei verschiedenen Meer- und Frischwasserorganismen. Die adulten Stadien verlieren die Zilien und entwickeln spezialisierte Tentakeln, die sie von allen anderen Protozoen unterscheiden (Cheng 1986).

Die wohl prominentesten Vertreter der Unterklasse der *Peritrichia* gehören den Vorticella an. Diese sind sehr verbreitet in Süßwassergewässern und treten auch zahlreich auf, wenn dieses stark verunreinigt ist (Sun et al. 2006).

In der Fermentationskammer von Pflanzenfressern treten zwei Unterklassen auf, die *Holotrichia*, welche komplett mit Zilien bedeckt sind, und die *Spirotrichia*, welche eine feste Pellikula besitzen, die oft in Spines ausgeformt ist und nur am Peristom und an speziellen Arealen Zilien aufweisen (Honigberg et al. 1964). Im Gegensatz zu den Entodiniomorphiden zählen die Holotrichen zahlenmässig nicht zu den dominanten Ziliaten (Abe et al. 1981), aber zu den volumenmässig grösseren Organismen und

---

tragen so signifikant zur Biomasse bei, die das Retikulum verlässt. Bereits bei einem Anteil von 5 % der totalen Population sind sie verantwortlich für über 35 % des Volumens und für etwa 40 % des von Protozoen gebildeten Proteins (Höller & Harmeyer 1964).

Die häufigsten *Holotrichia* im Pansen sind *Isotricha* und *Dasytricha* der Familie *Isotrichidae*, aber auch die selteneren *Charon* der Familie *Blepharocorythidae* und *Bütschlia* der Familie *Bütschliidae* kommen vor (Clarke 1964). Von allen *Isotrichidae* werden die drei komplett und uniform zilierten *Holotrichenspezies* *Isotricha intestinalis*, *I. prostoma*, und *Dasytricha ruminantium* am häufigsten beobachtet (Williams 1986).

Die zu den *Spirotrichia* zählenden Entodiniomorphen, welche sich in Grösse, Form und ihren Organellen unterscheiden, umfassen eine grössere Anzahl Spezies als die *Holotrichen* (Van Soest 1994b). Die Taxonomie der Entodiniomorphen ist uneinheitlich und verwirrend, woran die Verwendung der Spination als wichtiger Faktor zur Differenzierung der Spezies teilweise mitbeteiligt ist (Kofoid & MacLennan 1930, 1932, 1933). Dogiel (1927) erkannte die Variabilität der Spinae der entodiniomorphen Spezies und teilte sie in die Genera *Entodinium*, *Diplodinium*, *Epidinium* und *Ophryoscolex* ein – was vergleichbar ist mit der Einteilung nach Cheng (1986) in die Gattungen *Entodinium*, *Diplodinium*, *Ophryoscolex* und *Cycloposthium*. Das Genus der *Diplodinium* ist, aufgrund der grossen Zahl an Spezies und der variablen Formen, am schwierigsten zu klassifizieren. Sie sind aber genügend ähnlich in der Körperform, Zilierung und anderen Kriterien. Die klarste Einteilung in Subgenera scheint diejenige von Noiro-Timothée (1960) zu sein, nämlich *Di. sensu stricto* ohne Skelettalplatte, *Euplodinium* mit einer oder zwei Platten, *Polyplastron* mit fünf Skelettalplatten, wobei drei davon sehr klein sind, *Ostracodinium* mit einer grossen Skelettalplatte und *Enoploplastron* mit drei Skelettalplatten.

**Tab. 2: Taxonomie des Stamms der Protozoen (nach verschiedenen Autorenangaben)**

**Stamm: Protozoen**

Unterstamm: Sporozoa (Sporentierchen)

Gregarinida

Coccidia

Piroplasmida

**Unterstamm: Cnidospora**

**Unterstamm: Sarcomastigophora**

**Unterstamm: Ciliophora (Wimperntierchen)**

**Klasse: Polyhymenophorea**

**Klasse: Oligohymenophorea**

**Klasse: Kinetofragminophorea**

(nach Hungate 1978; Jouany et al. 1988; Dehority 1993)				(nach Honigberg et al. 1964; Cheng 1986)			
Gymnostomatia	Prostomatida	Buetschliidae	Buetschlia	Holotrichia	Gymnostomatida	Rhabdophorina	Buetschlia
			Blepharoprosthium			Cyrtophorina	
			Blepharoconus				
			Polymorphella		Trichostomatida	Isotrichidae	Isotricha
			Parabundleira				Dasytricha
						Blepharocorytidae	Blepharocorys
Vestibulifera	Trichostomatida	Isotrichiidae	Isotricha				
			Dasytricha		Chonotrichida		
			Oligoisotricha				
		Paraisotrichidae	Paraisotricha		Apostomatida		

**Tab. 2 (Fortsetzung):**

(nach Hungate 1978; Jouany et al. 1988; Dehority 1993)

Entodiniomorphida	Ophryoscolecidae	Entodiniinae	Entodinium
		Diplodiniinae	Diplodinium
			Eudiplodinium
			Ostracodinium
			Metadinium
			Enoploplastron
			Elytroplastron
			Polyplastron
		Epidiniinae	Epidinium
			Epiplastron
		Opisthotrichinae	Opisthotrichum
		Ophryoscolecinae	Ophryoscolex
		Caloscolecinae	Caloscolex
	Cycloposthiidae		Parentodinium
Blepharocorythida	Blepharocorythidae		Charonina

(nach Honigberg et al. 1964; Cheng 1986)

	Astomatida	
	Hymenostomatida	Tetrahymenina
		Peniculina
		Pleuronematina
	Thigmotrichida	Arhynchodina
		Rhynchodina
Petrichia	Peritrichia	Sessilina
		Mobilina
Suctoria	Suctorida	
Spirotrichia	Heteritrichida	Heterotrichina
		Licnophorina
	Oligotrichida	
	Tintinnida	
	Entodiniomorphida	Ophryoscolecidae
	Odontostomatoda	
	Hypotrichida	Strichitrichina
		Sporadotrichina



**Tabelle 3: Nachfolgend verwendete Taxonomie des Stamms der Protozoen (nach Hungate 1978; Jouany et al. 1988; Dehority 1993)**

Unterstamm: Ciliophora

Klasse: Kinetophragminophorea

Gymnostomatia	Prostomatida	Archistomatina	Buetschliidae	Buetschlia
				Blepharoprosthium
				Blepharoconus
				Polymorphella
				Parabundleira
Vestibulifera	Trichostomatida	Trichostomatina	Isotrichiidae	Isotricha
				Dasytricha
				Oligoisotricha
			Paraisotrichidae	Paraisotricha
			Bütschliidae	Bütschlia
	Blepharocorythida		Blepharocorythidae	Charonina
	Entodiniomorphida		Ophryoscolecidae	Entodinium
				Diplodiniinae
				Diplodinium
				Eudiplodinium
				Ostracodinium
				Metadinium
				Enoploplastron
				Elytroplastron
				Polyplastron
			Epidiniinae	Epidinium
				Epiplastron
			Opisthotrichinae	Opisthotrichum
			Ophryoscolecinae	Ophryoscolex
			Caloscolecinae	Caloscolex
			Cycloposthiidae	Parentodinium

### 3.1.6 Kultur

Der Pansen bietet eine warme (39 °C), anaerobe Umgebung, die üblicherweise arm an schnell metabolisierbaren Komponenten wie Zucker und Aminosäuren, aber reich an Stärkekörnern, Zellulose, Chloroplasten und Bakterien ist (Van Soest 1994b).

Hungate (1960) fand heraus, dass auch in der Kultur strikt anaerobe Bedingungen notwendig sind, damit die Protozoen überleben können. Die Holotrichen können leicht über eine kurze Zeit am Leben gehalten werden, sind aber sehr schwierig über eine längere Zeitspanne zu kultivieren. Die Entodiniomorphen hingegen wachsen ohne Schwierigkeiten über einen Zeitraum von zwei Wochen (Coleman 1980).

Aufgrund des Nachweises der Bakterienaufnahme durch Isotricha (Gutierrez 1958), Entodinium (Gutierrez & Davis 1959), Diplodinium (Gutierrez & Hungate 1957; Gutierrez & Davis 1959), Dasytricha (Gutierrez & Hungate 1957) und Ophryoscolex (Mah 1962) schienen Bakterien wichtig in der Ernährung von Pansenprotozoen. Die Zugabe von Vitamin B<sub>12</sub> und Menadion (synonym: Vitamin K<sub>3</sub>) zu einem Medium mit Dasytricha verlängerte das Leben der Kultur in Abwesenheit von Serum oder Protozoenextrakt (Clarke & Hungate 1966), was ein weiterer Hinweis auf die Abhängigkeit der Protozoen von Pansenbakterien darstellt, da letztere Vitamin B<sub>12</sub>

---

synthetisieren. Weitere Beweise dafür, dass Bakterien eine essentielle Nahrung darstellen, fehlen, obwohl viele Arbeiten dies vermuten lassen.

Die Rolle von grünem Pflanzenmaterial in der Ernährung der Protozoen wurde als erstes von Trier (1926) und Usuelli (1930) hervorgehoben, ist aber immer noch unklar. Differenzen im Umfang, in welchem verschiedene Pflanzenspezies das Wachstum von Anoploporidium unterstützen, wurden von Gradzka-Majewska (1961) berichtet, und ein besseres Wachstum auf Luzerne als auf Gras wurde für Ophryoscolex (Mah 1962) beobachtet. Diese Unterschiede könnten durch Bakterien vermittelt sein. Eine Schwierigkeit, die Nahrungsbedürfnisse von Protozoen zu testen, liegt darin, dass Pflanzen nicht durch herkömmliche Techniken sterilisiert werden können.

In den Kulturen von Gradzka-Majewska (1961), Ciemochowska-Mzik (1961) und Coleman (1960b) wurde Pansenflüssigkeit in das Medium miteinbezogen und erwies sich als essentiell. Dies steht im Kontrast zu den Resultaten anderer Studien (Hungate 1942, 1943; Gutierrez 1959; Mah 1962). Die Frage stellt sich, ob es in der Pansenflüssigkeit gewisse Inhaltsstoffe gibt, die für die Pansenprotozoen essentiell sind und nur im Pansen produziert werden können. Die erfolgreiche Kultivierung über lange Perioden ohne Pansenflüssigkeit, z. B. 32 Monate für *O. purkynjei* (Mah 1962), zeigte jedoch, dass panseneigenes Material nicht unbedingt benötigt wird.

Begründen lassen sich diese unterschiedlichen Ergebnisse wohl durch experimentelle Faktoren, die Differenzen in den Bakterienpopulationen verursachen. Wenn die in vitro-Bedingungen den essentiellen Faktor gewährleisten, direkt oder über bakterielle Einwirkung, tritt Wachstum auf; wenn die Versuchsbedingungen aber diese Synthese nicht erlauben, kann ein Wachstum eventuell noch durch Zugabe von Pansenflüssigkeit erfolgen.

Im kontinuierlichen Kulturapparat von Quinn et al. (1962) wurde beobachtet, dass ein Redoxpotential von -0.2 bis -0.26 das Überleben der Protozoen förderte. Ophryoscolex und Diplodinium waren am empfindlichsten auf Sauerstoff, Isotricha am wenigsten und Entodinium und Dasytricha lagen dazwischen.

Es scheint, als hätten die verschiedenen Spezies unterschiedliche Nahrungspräferenzen. *O. caudatus* und *Di. (Eudiplodinium) magii* nehmen Zellulose, Pektin, Chloroplasten, kleinere Protozoen, Bakterien und Stärkekörner auf (Williams et al. 1960). Die kleineren *Diplodinium* spp. verwerten Bakterien, Stärkekörner und Zellulosefasern (Hungate 1943; Sugden 1953), während *Entodinium* spp. nur Stärke, aber keine Zellulose aufnehmen (Hungate 1943).

### 3.1.7 Faunierung von Jungtieren

Protozoen sind üblicherweise bei adulten Tieren auf Farmen und in der Wildnis präsent. Wiederkäuer kommen jedoch ohne Protozoen im Pansen auf die Welt und erhalten diese erst nach der Geburt. Die niedrigen pH-Werte des Panseninhalts der mit Milch oder Konzentrat gefütterten Kälbern verhindern zunächst eine Etablierung der Protozoen (Bryant & Small 1960; Eadie 1962b). Die Übertragung der Protozoen erfolgt über den Speichel, welcher während dem Wiederkauen Mikroorganismen enthält, von einem Tier zum nächsten und so von der Mutter zum Neugeborenen

---

(Hungate 1966). Jungtiere erlangen folglich nur Ziliaten, wenn sie in den Kontakt mit anderen protozoentragenden Tieren kommen (Veira 1986). Durch eine Isolation der Kälber kann eine Faunation verhindert werden. Die Entwicklung der Bakterienflora hingegen wird dadurch nicht verzögert (Van Soest 1982).

Protozoen bilden keine resistenten Formen oder Zysten und sterben ab, wenn sie den Labmagen erreichen, so dass keine lebenden Ziliaten im Kot von Wiederkäuern gefunden werden (Dehority 1994); dies steht im Gegensatz zu Dickdarmfermentierern, welche Protozoen in ihren Faeces aufweisen.

Protozoen etablierten sich bei Kälbern um den achten bis zehnten Tag im Pansen (Fonty et al. 1988), bei Büffeln geschah dies früher und bei Schafen um den sechsten bis elften Tag (Abouakkada & El-Shazly 1964).

Untersuchungen zur Reihenfolge der Faunation zeigten verschiedene Muster auf. Sowohl bei den Kälbern (Bryant et al. 1958), als auch bei den Büffeln traten Entodinen als erste Gattung auf. Einzig bei Lämmern kam es vor, dass Holotriche vor den Entodinen erschienen (Eadie 1962b) aber auch der umgekehrte Fall wurde beschrieben (Abouakkada & El-Shazly 1964; Fonty et al. 1984).

Die Reihenfolge der übrigen Gattungen variierte zwischen den Tierarten und Untersuchungen und kann den einzelnen Studien entnommen werden. Sowohl die Pansen von Büffeln, als auch Kälbern waren frei von Epidinium, Ophryoscolex und Polyplastron (Naga et al. 1969). Letztere zwei vermochten sich auch nach einer Inokulation nicht zu etablieren (Naga et al. 1969).

Aus all diesen Beobachtungen wurde geschlossen, dass die Physiologie der Ziliaten von Büffeln und Kühen unterschiedlich ist (Naga et al. 1969).

### **3.1.8 Protozoen und die Ernährung des Wirtes**

Protozoen helfen in der Aufspaltung von aufgenommenen Substraten, wie Stärke, Zellulose und Pflanzenproteinen (Gutierrez & Davis 1962). Durch diese metabolische Aktivität, aber auch durch die postroinale Degradation und Verwertung der Protozoenzelle, tragen sie zur Nahrung des Wirtes bei. Die relative Wichtigkeit von protozoären Proteinen, Lipiden und Kohlenhydraten in der Befriedigung der diätetischen Bedürfnisse des Wirtes hängt ab von der Populationsgrösse, dem Ausfluss der Protozoen-Biomasse aus dem Pansen und der Verfügbarkeit der zellulären Bestandteile im unteren Verdauungstrakt. Es wird angenommen, dass etwa zwei Drittel der Population im Pansen sterben beziehungsweise lysieren und nur ein geringer Teil der Ziliaten den unteren Verdauungstrakt intakt erreicht (Weller & Pilgrim 1974; Leng 1982; Bird & Leng 1983).

Die vorherrschenden Spezies im Pansen sind solche Protozoen, welche die Fähigkeit besitzen, Stärke zu speichern, Oligo- und Polysaccharide zu verdauen und die Spaltprodukte intrazellulär zu assimilieren, Proteine zu verdauen, Fettsäuren zu hydrieren und die Zahl der Bakterien zu regulieren (Ogimoto & Imai 1981; Hobson & Wallace 1982). Dabei geht man davon aus, dass vor allem zwei funktionelle Gruppen von Ziliaten auftreten, die Entodiniomorphiden und die Holotrichen, welche unterschiedliche metabolische Nischen besetzen. Die Holotrichen verwerten primär lösliche Kohlenhydrate, während die meist zahlreicheren Entodiniomorphiden besonders effizient sind in der Aufnahme von partikulärem Material (Coleman 1979b, 1980) und von Schwebeteilchen in der Suspension der Pansenflüssigkeit, wie

---

Stärkekörner, Öltropfen, Latexkugeln, schwarzes Palladium und Bentonite (Hristov & Jouany 2005). Es wurde auch gezeigt, dass Holotriche und Entodiniomorphe unterschiedlich auf lösliche Proteine reagieren. Erstere degradieren Kasein schnell, während letztere dies nicht tun (Onodera & Kandatsu 1970).

### **3.1.9 Nahrungssubstrat**

Bisher ist nur wenig über die Ernährungsbedingungen von symbiotischen Ziliaten bekannt. Viele Pansenziliaten können hochkomplexe Kohlenhydrate, Zellulose und eventuell Hemizellulose als Energiequelle nutzen (Van Soest 1994b). Wie bereits im Kapitel „Kultur“ erwähnt, haben Gutierrez und Davis (1959) gezeigt, dass mindestens zwei Gattungen, Entodinium und Diplodinium, Bakterien als Nahrung verwenden können, welche grösstenteils aus Proteinen bestehen.

### **3.1.10 Sauerstoffbedarf**

Im Pansen herrschen eigentlich anaerobe Bedingungen, dennoch ist Sauerstoff in niedrigen Konzentrationen sowohl in der flüssigen als auch in der gashaltigen Phase des Pansens vorhanden und hat einen Effekt auf die metabolische Aktivität der Pansenziliaten (Scott et al. 1983; Hillman et al. 1985). Hungate (1942, 1955, 1966) beobachtete, dass Ziliaten aus dem Pansen von Rindern in vitro unter anaeroben Konditionen kultiviert werden müssen, und dass Holotriche ihre Beweglichkeit in Anwesenheit von Sauerstoff länger behalten als andere Pansenprotozoen.

### **3.1.11 Verdauung von Pflanzenmaterialien**

Wiederkäuer nehmen verschiedene Pflanzen als Nahrung auf. Die Pflanzenzellwand macht etwa 30 % bis 40 % der Trockenmasse von Weidepflanzen aus und besteht aus einem Netzwerk von Zellulose, in welchem Hemizellulose, Lignin und Pektine eingelagert sind (Butler & Bailey 1973). Dieses faserhaltige Pflanzenmaterial ist für die Herbivoren nicht direkt verfügbar. Zudem liegen viele der nährreichen, für die Ernährung von Pflanzenfressern wichtigen Gewebe im Pflanzeninnern (Cheng et al. 1990). Um eine gute Verdauung von Pflanzenmaterial zu gewährleisten, müssen folglich viele verschiedene Faktoren zusammenspielen. Um einen optimalen Zugang für die Degradation durch endosymbiotische Mikroorganismen zu schaffen, ist eine physikalische Spaltung (durch Kauen) wesentlich. Dadurch wird die Grösse der Futterpartikel reduziert und die Oberfläche für die Anheftung und den enzymatischen Angriff vergrössert (Bowman & Firkins 1993). Der selbe Effekt kann auch durch Mahlen und eine alkalische Behandlung des Futters erreicht werden (Bowman & Firkins 1993).

Es wurde beobachtet, dass Protozoen, wie Epidinium, geschädigte Regionen von Pflanzengewebe kolonialisieren und so zur Degradation von Futter im Pansen beitragen (Cheng et al. 1990). Für die Initiation dieses Vorganges ist die Adhäsion an unlösliche Pflanzensubstrate unerlässlich, weil dadurch der Mikroorganismus in Kontakt mit dem Substrat tritt (Cheng et al. 1983/84).

---

Bei einer geringen Bakterienzahl wurde die Verdauung von *Lolium perenne* aufrechterhalten oder gar erhöht, wenn Protozoen anwesend waren. Dies lässt vermuten, dass Protozoen eine wichtige Rolle in der Faseraufspaltung spielen (Williams & Withers 1993), jedoch bleibt in Abwesenheit von Protozoen eine effiziente bakterielle Fermentation bestehen. Die einzelnen Bestandteile der bakteriellen und protozoischen Beziehungen sind schwierig abzuschätzen, und biochemische Studien werden weiter kompliziert durch lebend aufgenommene und angeheftete Bakterien in den Protozoenproben (Williams 1986). Hungate (1975) schloss, dass Ziliaten im Vergleich mit Bakterien eine geringe Rolle spielen, während Jouany (1989) die Wichtigkeit von Entodiniomorphen bei der Faserverdauung im Schafpansen beschrieb und Demeyer (1981) diese für 30 % bis 40 % der mikrobiellen Faserfermentation im Pansen verantwortlich machte. Veira (1986) fasste in einem Review zusammen, dass Tiere mit Ziliaten eine höhere Trockenmasseverdaulichkeit zeigen als Defaunierte. Der Unterschied lag im Pansen bei etwa 4 % bis 14 %, im ganzen Verdauungstrakt bei 1 % bis 5 %. Dies wurde ebenfalls von Klopstein (1966) beschrieben. Ebenso war zum Beispiel bei defaunierten Hammeln die Verdaulichkeit der organischen Substanz und der Zellwandbestandteile geringer als bei Tieren mit *Entodinium* spp. im Pansen (Ushida et al. 1990).

Der Rückgang der Nährstoffverdaulichkeit im Pansen in Abwesenheit der Protozoen wird zum grössten Teil, aber nicht vollständig, durch eine erhöhte postruminale Verdauung kompensiert (Demeyer 1981; Veira 1986). Dies konnte auch in einer Studie von Ivan et al. (2006) gezeigt werden, in welcher Schafe ohne Protozoen und solche mit einer Monokultur mit *E. caudatum* oder mit *P. multivesiculatum* untersucht wurden, wobei die Verdaulichkeiten der organischen Materie und der Neutralen Detergenzienfaser (NDF) bei den faunierten Tieren höher waren.

Die Studie von Ushida (1990) zum Beispiel wurde mit einer Fauna durchgeführt, welche charakterisiert war durch die Anwesenheit von potenten zellulolytischen und hemizellulolytischen *Epidinium* spp.; dennoch bestehen aber 80 % der Population aus *Entodinium* spp., die nur eine geringe oder eine fehlende zellulolytische Aktivität besitzen. Eine mögliche Erklärung für die verbesserte Pansenzellulolyse wäre eine Begünstigung des Wachstums der zellulolytischen Bakterienflora durch nichtzellulolytische Protozoen. Erstens aufgrund einer verminderten Entwicklung einer amylolytischen Flora durch die Stärkeaufnahme von Protozoen oder die selektive Aufnahme von amylolytischen Bakterien (Kurihara et al. 1968), zweitens durch eine Verhinderung des pH-Abfalls in Folge einer Verwertung von Laktat (Chamberlain et al. 1983) und der langsameren Verwertung fermentierbarer Substrate durch Protozoen. Dieser Effekt wurde meist bei Tieren mit Konzentratfutter beobachtet (Ushida et al. 1990).

Eine bestimmte Protozoenspezies kann jeweils nicht alle Pflanzenbestandteile degradieren, so dass die jeweilige Population im Pansen hauptsächlich Mikrobenspezies enthält, die sich an die Anheftung des Pflanzenmaterials im täglichen Futter adaptiert haben (Cheng et al. 1991).

---

### 3.1.12 Kohlenhydratmetabolismus

Viele Protozoen speichern Stärke, welche aber keine grosse Bedeutung für die Ernährung des Wirtstieres darstellt, denn nur etwa 1 % des Kohlenhydratbedarfs eines erwachsenen Schafes stammt von dieser protozoären Stärke (Hungate 1955).

Die Protozoen stellen aber eine wichtige Quelle für flüchtige Fettsäuren dar. Gutierrez (1955) berechnete, dass die von Holotrichen produzierten VFA etwas mehr als 10 % ausmachten. Falls die Ophryoscolecidae eine vergleichbare Menge bildeten, würden Protozoen dem Wirt etwa 20 % der Fermentationsprodukte zur Verfügung stellen (Hungate 1955).

Die Pansenprotozoen können aufgrund der von ihnen umgesetzten Kohlenhydrate, in drei Gruppen eingeteilt werden: Verwerter von löslichen Zuckern (hauptsächlich Holotriche), Stärkeverwerter (überwiegend Spirotriche) und Verwerter der Faserbestandteile (Sahu & Kamra 2002).

#### *Holotricha: Verwerter löslicher Kohlenhydrate*

Die Holotrichen attackieren lösliche Kohlenhydrate, wie Glukose, Fruktose und Saccharose schnell und produzieren dabei zelluläres Amylopektin, Fettsäuren und Gase (Heald & Oxford 1953). Durch die Fermentation von Stärke werden Azetat, Butyrat, Propionat, Laktat, Hydrogen und Kohlenstoffdioxid gebildet (Abou Akkada et al. 1959; Abou Akkada & Howard 1960, 1961). Die prinzipiellen Endprodukte des Kohlenhydratmetabolismus, welche von *Isotricha* und *Dasytricha* spp. gebildet werden sind Laktat, Butyrat und Azetat (Heald & Oxford 1953; Gutierrez 1955; Howard 1959a; Williams & Harfoot 1976; Prins & Van Hoven 1977; Van Hoven & Prins 1977) mit Spuren von Propionat (Heald & Oxford 1953; Gutierrez 1955; Williams & Harfoot 1976), Wasserstoff, CO<sub>2</sub> und Amylopektin (Prins & Van Hoven 1977). Bei hohen Fermentationsraten wird vor allem Laktat produziert, während bei einer geringeren Rate Azetat und Butyrat dominieren. Die Formationsrate von Azetat, Laktat, H<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub> durch *I. prostoma* steigt bei allen mit steigender Glukosekonzentration, während die Bildung von Butyrat unabhängig von der initialen Substratkonzentration zu sein scheint (Prins & Van Hoven 1977). Obwohl Galaktose langsamer aufgenommen wird, liegt der Bereich der Produkte im selben Rahmen wie für Glukose (Howard 1959a; Williams & Harfoot 1976; Van Hoven & Prins 1977).

Die ökologische Rolle der Holotrichen scheint in ihrer Eigenschaft zu liegen, während den limitierten Perioden, in denen Zucker im Pansen verfügbar sind, diese schnell aus dem Medium aufzunehmen und intrazelluläre Polysaccharidreserven, in Form von Amylopektin( $\alpha$ -Glukan)-granula, zu synthetisieren und zu speichern (Oxford 1951; Heald & Oxford 1953; Williams & Harfoot 1976; Prins & Van Hoven 1977; Van Hoven & Prins 1977). Diese erscheinen als kleine, ovoide, hefezellartige Granula (3 x 2  $\mu$ m) im Zytoplasma oder werden als grössere Körner in die Skelettalplatte inkorporiert. Aus diesen Reserven kann bei Substratmangel in der Umgebung Energie gezogen werden (Williams & Harfoot 1976; Prins & Van Hoven 1977; Van Hoven & Prins 1977). Etwa 75 % bis 80 % des aufgenommenen Zuckers kann in einem energieintensiven Prozess in Polymer umgewandelt werden (Gutierrez 1955; Wilkonson & van Hoven 1976). Die Konzentration löslicher Kohlenhydraten ist ein bis

---

zwei Stunden, die intrazellulärer Polysaccharide zwei bis vier Stunden nach der Fütterung maximal (Oxford 1951; Williams & Harfoot 1976).

Diese Aufnahme und Umwandlung von löslichen Zuckern (Heald & Oxford 1953) und Stärke (Oxford 1955a; Mackie et al. 1978) bewahrt den Wirt vor dem viel unregelmässiger ablaufenden Fermentationsprozess durch Bakterien allein (Hungate 1955; Oxford 1955b), wodurch eine schnelle bakterielle Fermentation von Kohlenhydraten zu Laktat mit einem dadurch verursachten Abfall des pH verhindert wird. Die Verwendung solcher Kohlenhydrate durch Entodiniomorphe hingegen ist sehr limitiert (Abou Akkada et al. 1959; Abou Akkada & Howard 1960; Williams et al. 1961; Mah 1962; Coleman 1969, 1972; Coleman & Laurie 1974, 1976, 1977).

Mit Hilfe von kulturellen (Sugden & Oxford 1952) und manometrischen (Heald & Oxford 1953; Gutierrez 1955; Howard 1959a; Williams & Harfoot 1976; Prins & Van Hoven 1977; Van Hoven & Prins 1977) Techniken wurde gezeigt, dass Holotriche die Monosaccharide Glukose, Fruktose, Galaktose, lösliche Oligomere und deren Polysaccharide verwerten. Der Bereich, in welchem sie diese Saccharide fermentieren, hängt vom Genus ab. Im Gegensatz zu *Da. ruminantium* verwendet *Isotricha* spp. Stärke von einer beachtlichen Korngrösse (Gutierrez 1955; Howard 1959a; Yoshida & Katsuki 1980), während Maltose und Zellobiose keine effektiven Substrate für *Isotricha* spp. (Gutierrez 1955; Howard 1959a; Prins & Van Hoven 1977) darstellen, obwohl sie eine  $\alpha$ -Glukosidase, Zellobiase und  $\beta$ -Glukosidaseaktivität besitzen (Williams 1979b; Williams et al. 1984). Kohlenhydrate, die Fruktose enthalten, werden am schnellsten verwertet (Sugden & Oxford 1952; Thomas 1960; Williams & Harfoot 1976; Van Hoven & Prins 1977), gefolgt von Glukose, Sucrose, Raffinose und Inulin. Andere Oligosaccharide bilden weniger effektive Substrate (Williams & Harfoot 1976; Williams 1979b, a). Gewisse glukosehaltige Di- und Trisaccharide und Galaktose werden ebenfalls metabolisiert (Williams & Harfoot 1976), während L-Glukose, Glukosephosphat, Pentosen, Uronsäure, Hemizellulosepolysaccharide und Zellulosederivate die Gas- oder Metabolitenformationsrate nicht erhöhen (Williams & Harfoot 1976; Van Hoven & Prins 1977).

Neben der Gattung spielen auch das Substrat, der pH-Wert und die Temperatur eine Rolle in der Rate der Kohlenhydratverwertung und der Natur der gebildeten Produkte, und Laktat zeigt einen negativen Effekt (Williams & Morrison 1982). Die Fermentation wird durch die Anwesenheit von Speicherpolysacchariden in der Zelle nicht beeinflusst (Williams & Harfoot 1976).

Bei einer Überakkumulation machte das intrazelluläre Amylopektin bis zu 70 % des Zelltrockengewichtes aus, und es traten zelluläre Schädigungen in vitro (Sugden & Oxford 1952; Oxford 1955b) und in vivo auf (Clarke 1965a, b), wodurch die Protozoen barsten (Sugden & Oxford 1952). Williams und Harfoot (1976) vermuteten, dass *Da. ruminantium* keinen Mechanismus für die Kontrolle des Substrateintritts in die Zelle besitzt. Der negative Effekt resultierte nicht aus einer unkontrollierten Synthese von Amylopektin wie ursprünglich vermutet (Sugden & Oxford 1952; Oxford 1955b; Clarke 1965a, b), sondern aus einem schädlichen intrazellulären Aufbau von sauren Fermentationsprodukten. Dadurch könnte einerseits erklärt werden, weshalb eine getreidereiche Diät zu einer Elimination der Ziliaten aus dem Pansen führt und andererseits der postprandiale Abfall der Holotrichenzahl in vivo begründet werden (Van Soest 1994b). Durch diese Degeneration von holotrichen Protozoen entleerte sich der Zellinhalt, welcher schaumstabilisierende Eigenschaften besitzt, was zu einer veränderten

---

Schaumeigenschaft der Panseningesta und zur Entwicklung von Blähungen führte (Clarke 1965b).

### *Entodiniomorpha: Verwertung von Stärkegranula*

Eine der Funktionen der Entodiniomorphen liegt in der Entfernung partikulärer Stärkekörner aus der flüssigen Phase, um sie für Bakterien unverfügbar zu machen (Oxford 1955a). *E. caudatum*, *E. longinucleatum*, *E. minimum* und *E. dubardi* sind vorherrschende Stärkeaufnehmer und somit die dominanten Protozoen bei Tieren, die mit einem hohen Kraftfutteranteil gefüttert werden. Prinzipiell wird postuliert, dass Entodinium die vorherrschenden Stärkeaufnehmer sind (Hungate 1943; Oxford 1955a; Hristov & Jouany 2005), während Diplodinium Zellulose verwendet (Levine 1985). Es gibt aber auch Studien, in denen von Diplodinium sowohl eine Aufnahme von Zellulose als auch Stärke beobachtet wurde (Hungate 1943; Sugden 1953; Williams et al. 1960).

Durch diese Inkorporation kann eine schnelle bakterielle Fermentation zu Laktat und eine Senkung des Pansen-pH verhindert werden (Mackie et al. 1978). Stattdessen wird die Stärke in den Protozoen relativ langsam in Azetat und Butyrat umgewandelt, welche von der Pansenwand absorbiert werden. Die Polysaccharidreserve von *E. caudatum* ist ein Amylopektin, ähnlich dem der Holotrichen (Eadie et al. 1963). Entodiniomorphen können auch das von den Holotricha gebildete Amylopektin ( $\alpha$ -Glukan) aufnehmen (Quinn et al. 1962). Von den Holotrichen kann nur die Gattung Isotricha Stärkekörner aufnehmen (Bonhomme 1990) und fermentieren, Dasytricha beispielsweise kann dies nicht (Howard 1959b).

Die Protozoenpopulation benötigt allerdings einige Zeit, um auf einen vermehrten Stärkegehalt zu reagieren. Deshalb bricht dieses System zusammen, sobald dieser zu schnell ansteigt.

Abou Akkada und Howard (1960) und Mah (1963) zeigten, dass Entodinium und Ophryoscolex grosse Mengen Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid, aber nur Spuren von Laktat über einen anaeroben Kohlenhydratmetabolismus produzieren. Die Hauptprodukte dieser Organismen sind qualitativ gleich wie die der Holotrichen, aber letztere produzieren Laktat und flüchtige Säuren zu ungefähr gleichen Anteilen, während *E. caudatum* (Abou Akkada et al. 1959), *Ep. ecaudatum* (Gutierrez & Davis 1962) und Ophryoscolex (Williams et al. 1961; Mah 1962) hauptsächlich Azetat und Butyrat, geringe Mengen Ameisensäure und Propionat und nur Spuren von Laktat bilden (Williams et al. 1961; Mah 1962; Cheng 1986).

Viele, aber nicht alle, Polysaccharidgranula werden in der äusseren Zone des Endoplasmas gespeichert. Es wird vermutet, dass der Kohlenhydratmetabolismus abhängig ist von intrazellulären Bakterien. Bakterien werden von Entodinium und Epidinium aufgenommen und scheinen wichtig für deren Ernährung zu sein, am ehesten als Stickstoffquelle, weniger aufgrund vorgebildeter Enzyme. Diplodinium und verwandte Gattungen (Euplodinium, Polyplastron, Eremoplastron, Metadinium) nehmen Zellulose auf und verdauen diese zu Stärke. Sie alle enthalten eine Zellulase. *M. medium* und Entodinium verwenden ebenfalls Zellulose (Levine 1985).

Aufgrund der gemachten Beobachtungen kann spekuliert werden, dass das Protozoenzellvolumen für den gesamten Fermentationsprozess bedeutsamer ist als die totale Protozoenzahl (Clarke et al. 1982). Die voluminösen Ziliaten, wie



---

Polyplastron, Isotricha und Epidinium, haben zweifellos eine grössere Auswirkung auf die metabolische Aktivität als die gleiche Anzahl von weniger voluminösen Entodinia (Towne et al. 1990b).

### *Zellwanddegradation/Faserverdauung*

Zu den vier Hauptfaktoren, welche die Faserverdauung regulieren, zählen erstens die Pflanzenstruktur und Zusammensetzung, zweitens die Natur der Populationsdichte der vorherrschenden faserverdauenden Mikroorganismen, drittens mikrobielle Faktoren, welche die Anheftung und die Hydrolyse durch Komplexe von hydrolytischen Enzymen der anheftenden Mikrobenpopulation kontrollieren, und viertens tierische Faktoren, welche die Verfügbarkeit der Nährstoffe durch Kauen, Speicheln und Ingestakinetik erhöhen (Cheng et al. 1991).

Die quantitative Wichtigkeit der Zellulosedegradation durch Protozoen im Pansen wurde bis anhin nicht gemessen, dennoch folgerte Halliwell (1957), dass die Protozoen eine untergeordnete Rolle spielen. Die Protozoenfraktion enthält eine merkliche zellulolytische Aktivität (Williams & Strachan 1984). Die Pektinase wird von Holotrichen und Entodiniomorphen gebildet. Unter den Entodiniomorphen ist sie präsent in Epidinium (Wright 1960b) und Ophryoscolex (Williams et al. 1961; Mah 1962), nicht aber in *E. caudatum* (Abou Akkada & Howard 1961) oder *Eu. neglectum* (Bailey & Clarke 1963). Extrakte von Isotricha (Abou Akkada & Howard 1961) und *D. ruminantium* (Abou Akkada & Howard 1961; Coleman et al. 1980) zeigten eine Pektinesterase- und eine Polygalakturonaseaktivität, (Abou Akkada & Howard 1961). Pektin, nicht aber Polygalakturonsäure, Oligogalakturonide oder Galakturonsäure wurden durch *D. ruminantium* und *I. prostoma* fermentiert (Prins & Van Hoven 1977). Die pektischen Enzyme laufen aus den Protozoen aus, wenn diese in Puffer inkubiert werden. Dies lässt vermuten, dass die Pektinolyse eher im Medium abläuft als in den Protozoen (Mah 1962). Es scheint, als wären die Holotrichen fähig, pektische und hemizellulotische Polysaccharide zu depolymerisieren, aber nicht dazu, die Degradationsprodukte zu metabolisieren. Durch den Abbau können die Protozoen die Pflanzenzellwand penetrieren und so Zugang zu den Energiequellen innerhalb der Zelle erlangen.

Die Defaunation führt zu einer verminderten Faserverdauung (Bonhomme 1990). In der Abwesenheit der Protozoen besteht ein erhöhter Bedarf an Nicht-Protein-Stickstoff, aufgrund der gesteigerten Bakterienpopulation. Ein relativer Stickstoffmangel könnte also für die verminderte Faserverdauung verantwortlich sein (Ushida et al. 1990).

### **3.1.13 Lipidmetabolismus**

Lipide machen etwa 7 % der Trockenmasse von Protozoen aus (Bonhomme 1990). Die Fettsäurezusammensetzung der bakteriellen und protozoären Lipide ähneln sich sehr (Grum 2005), wobei Pansenziliaten eine höhere Proportion ungesättigter Fettsäuren enthalten als Bakterien und deshalb eine potentielle Lipidquelle für das Wirtstier darstellen (vgl. Tab. 4) (Katz & Keeney 1967). Etwa 10 % bis 20 % der Fette im Panseninhalt sind mikrobiellen Ursprungs, wovon etwa 75 % aus Protozoen stammen (Keeney 1970). *I. prostoma* und *I. intestinalis* zeigen einen ähnlichen

Lipidgehalt (Gutierrez et al. 1962; Williams et al. 1963). Durch die Inkorporation der ungesättigten Fettsäuren in die Protozoenphospholipide werden diese partiell vor der Hydrogenierung geschützt (Keeney 1970; Demeyer et al. 1978; Girard & Hawke 1978).

**Tab. 4: Fettsäuren(FS)-Zusammensetzung von Pflanzenmaterial, Bakterien (Gesamt-FS im ganzen Tier), Protozoen (Gesamt-FS im ganzen Tier) und Fettgewebe (Gesamt-FS) bei mit Gras gefütterten Kühen. Angaben in % aller FS, Quotienten ohne Einheit (Harfoot 1978; Manley & Forss 1979; Eichhorn et al. 1986)**

Spezies	Weidegras/ Klee	Pansenbakterien gemischt	Pansenprotozoen gemischt	Kuh ( <i>Bos taurus</i> )
16:0	14.00	36.20	42.50	28.00
18:0	1.00	32.00	10.60	14.20
18:1 (n9)	3.00	3.90	15.40	44.50
18:2 (n6)	10.00	3.50	17.00	1.50
18:3 (n3)	65.00		1.90	0.30
Gesättigte FS	18.00	92.00	64.50	46.00
Einf. unges. FS	4.00	3.90	15.40	51.70
PUFA's	75.00	3.50	18.90	1.80
Unges./Ges. FS	4.39	0.08	0.53	1.16
n3	65.00	0.00	1.90	0.30
n6	10.00	3.50	17.00	1.50
n3/n6	6.50	0.00	0.11	0.20
Unsaturation Index	2.19	0.11	0.55	0.56

Die Lipidfraktion einer gemischten holotrichen Präparation besteht aus 70 % Phospholipiden und 30 % Nichtphospholipiden. Die Hauptfettsäure in allen Fetten ist Palmitinsäure (C16:0) mit geringeren Mengen von Stearinsäure (C18:0), Ölsäure (C18:1), Linolsäure (C18:2) und Linolensäure (C18:3) (Katz & Keeney 1967; Williams & Dinusson 1973a). Auch kleine Proportionen von verzweigtkettigen Fettsäuren wurden gefunden (Williams & Dinusson 1973a).

Die Nichtphospholipidkomponenten der Holotrichen setzen sich aus Wachsen, Kohlenwasserstoff (3.8 %), Alkohol (6.8 %), Monoglyceriden (4.8 %), Diglyceriden (10.1 %), unbekannten Glyceriden (3.8 %), Hydroxysäuren (6.8 %), freien Fettsäuren (32 %), Sterol (18.5 %) und unbekannten Substanzen (11 %) zusammen (Katz & Keeney 1967; Keeney 1970).

Pansenziliaten können lipolytische Enzyme sezernieren, um die Spaltung von Lipiden ausserhalb ihres Körpers, vor deren Aufnahme, zu vermitteln (Wright 1961). Coleman und Hall (1969) fanden, dass *E. caudatum* Öltropfen verschlingen kann und Prins (1977) zeigte, dass solche im Protozoenkörper verdaut wurden. Entodiniomorphe Ziliaten können Futterlipide aufnehmen (Gutierrez et al. 1962), aber ihre lipolytische Aktivität ist gering.

Wright (1959; 1960a) zeigte, dass ungesättigte Fette in Chloroplasten der Pansenmikroorganismen zu gesättigten Komponenten reduziert wurden, wobei bei diesem Vorgang die Protozoen als wichtigstes Agens aktiv waren und von Bakterien unterstützt wurden. Der Metabolismus der Protozoen verursachte sowohl eine Reduktion als auch eine Dehydrogenierung der Fettsäuren. *I. intestinalis* wandelte Ölsäuren in Stearin- und Linolsäuren, aber auch in eine nicht identifizierte Säure um. Es scheint, als gäbe es kein klares Muster im Metabolismus der höheren Fettsäuren (Williams et al. 1963). Sie scheinen schnell metabolisiert zu werden und den fermentativen Metabolismus von Protozoen zu stimulieren.

---

Pansenprotozoen können Phospholipide de novo aus Vorläufern formen (Patton et al. 1970; Bucholtz & Bergen 1973; Saini et al. 1977); einfach ungesättigte langkettige Fettsäuren werden durch die Desaturierung von gesättigten Säuren gebildet, während mehrfach ungesättigte Säuren aus den Futterquellen stammen (Emmanuel 1974).

### **3.1.14 Stickstoffmetabolismus**

Der Stickstoffmetabolismus im Pansen kann in zwei verschiedene Geschehen eingeteilt werden, die Proteindegradation, die Stickstoffquellen für die Bakterien bereitstellt, und die mikrobielle Proteinsynthese (Bach et al. 2005). Wichtig ist dabei die Fähigkeit von Protozoen, grosse Moleküle, Proteine, Kohlenhydrate oder sogar Pansenbakterien zu verschlingen (Van Soest 1994b) und Aminosäuren und Ammonium ins Medium auszuscheiden (Coleman 1980; Bonhomme 1990).

Der Ammoniumspiegel im Pansen ist bei faunierten Tieren etwa doppelt so hoch wie bei Protozoenfreien (Eadie & Gill 1971). Dies lässt vermuten, dass die Protozoen im Pansen proteolytisch aktiv sind (Jouany et al. 1988) und nicht in der Lage, Ammoniumstickstoff zu verwerten (Bach et al. 2005). Beweise, dass Proteine durch Pansenprotozoen angegriffen werden, stehen seit den Experimenten von Williams et al. (1961) und Mah (1962) an *Ophryoscolex* zur Verfügung. Die Verwendung von Gluten durch *Entodinium* wurde in einer in vitro Kultur (Einszporn 1961) beobachtet. Die Erhöhung des ruminalen Ausflusses von Nichtammoniumstickstoff in den Labmagen erfolgt bei defaunierten Tieren aufgrund der erhöhten Effizienz der mikrobiellen Proteinsynthese und einer verminderten Degradation des Futterproteins (Veira 1986). Die geringere Effizienz bei faunierten Tieren wird verursacht durch das zyklische Durchlaufen des Stickstoffes durch Bakterien, Protozoen und Ammoniumpoole (Leng & Nolan 1984), welches durch die Aufnahme der Bakterien durch die Protozoen und die bevorzugte Retention der Protozoen im Pansen zustande kommt.

Protozoen können rund 40 % der Pansenmikrobenmasse ausmachen (Russell & Rychlik 2001) und bilden etwa 20 % der Proteine, die den Labmagen erreichen (Hungate 1955). Die wahre Verdaulichkeit von Protozoenprotein liegt mit 91 % viel höher als diejenige von Bakterien- (74 %) oder Hefeprotein (84 %) (Hungate 1955).

Diätetische Proteine werden unterteilt in Nicht-degradierbare und Degradierbare. Das pansendegradierbare Rohprotein setzt sich aus Nichtproteinstickstoff und echtem Proteinstickstoff zusammen. Letzterer wird zu Peptiden und Aminosäuren abgebaut und eventuell in Ammoniumstickstoff deaminiert, oder in mikrobielle Proteine inkorporiert. Der Nichtproteinstickstoff besteht aus Stickstoff von Peptiden, DNA, RNA, Aminosäuren und Ammonium. Der Pansenausfluss enthält Ammoniumstickstoff, undegradiertes und mikrobielles Rohprotein (Bach et al. 2005).

Ohne Bakterien oder bakterielle Zellkomponenten könnte das Protozoenwachstum nicht aufrecht erhalten werden (Onodera & Henderson 1980). Die Wichtigkeit von Bakterien als Futterquelle für Pansenprotozoen lässt erahnen, dass Protozoen neben anderen Enzymen auch Proteinasen enthalten.

---

Pansenprotozoen haben keine signifikante Fähigkeit, Aminosäuren de novo zu synthetisieren (Hristov & Jouany 2005). Deshalb werden von Entodiniomorphen verschiedene unlösliche Proteine und durch Isotrichidae einige lösliche Proteine aufgenommen, welche für die Proteinsynthese verwendet werden können (Onodera & Kandatsu 1970).

Ebenso können Entodiniomorphe keine Purin- oder Pyrimidinbasen synthetisieren (Jaffee & Gutteridge 1974). Sie verwenden bakterielle Nukleinsäuren, welche in die Nukleotide und Nukleoside degradiert werden, bevor sie in die Protozoennukleinsäuren inkorporiert werden (Coleman 1979b).

### 3.1.15 Methanproduktion

Bis zu 10 % der vom Wiederkäuer aufgenommenen Energie wird durch methanogene Mikroorganismen im Pansen in Methan umgewandelt, wobei Wasserstoff und Kohlendioxid die Hauptsubstrate darstellen (Hungate 1966, 1967). Durch die Reduktion von  $\text{CO}_2$  zu  $\text{CH}_4$  können diese Bakterien Energie generieren; für den Wiederkäuer selber ist das Methan jedoch wertlos und wird via Abatmung oder Eruktation aus dem Organismus eliminiert. Der für die Methanogenese notwendige Wasserstoff kann den methanogenen Mikroorganismen von wasserstoffproduzierenden Bakterien (Bryant 1970; Wolin 1974) und anaeroben Ziliaten (Abou Akkada & Howard 1960; Hungate 1966; Prins & Prast 1973; Williams & Harfoot 1976) geliefert werden. Es wurde gezeigt, dass die Entodiniomorphen und die Holotrichen etwa 20 pmol  $\text{H}_2$  pro Stunde produzieren (Williams 1986).

Es wurde beobachtet, dass die Methanogenen sowohl an die Pansenmukosa angeheftet sein können (Schönhusen et al. 2003), als auch mit Protozoen assoziiert sind (Cheng et al. 1990), wobei sie in Ketten fest an der Oberfläche von Entodiniomorphen haften. Stumm et al. (1982) vermuteten, dass 10 % bis 20 % der Methanogenen an Ziliaten angeheftet sein können. Die Autoren vermuteten eine symbiotische Assoziation, in welcher die Methanogenen Wasserstoff verwerten, welches ein potentiell inhibitorisches Abfallprodukt der Protozoen darstellt (Krumholz et al. 1983).

Vogels et al. (1980) zeigten, dass die Anheftung von methanogenen Bakterien nicht an alle taxonomischen Ziliatengruppen mit derselben Frequenz geschah. Dies könnte mit der physikalischen Struktur der Pellikula, die sich in der Körperstreifung ausdrückt, zusammenhängen. So besitzen *E. longinucleatum* und *E. simplex*, welche die geringste Assoziationsfrequenz zeigen, die feinste Körperstreifung und *E. caudatum* und *P. multivesiculatum* mit der grössten Frequenz eine sehr raue Oberflächenstruktur.

In einer Studie von Finlay et al. (1994) trugen beinahe alle Pansenziliaten von reinokulierten Schafen Methanogene an ihrer Oberfläche. Meist waren dies weniger als 10, aber nie mehr als 20 Stück. Die reichlichsten Protozoenspezies (*Da. ruminantium* und *Entodinium* spp.), welche zusammen mehr als 90 % aller Ziliaten ausmachten, besaßen intrazelluläre Bakterien, welche in einer Vakuole im Zytoplasma lagen und nicht verdaut wurden. Dabei handelte es sich ausnahmslos um Methanogene, welche etwa 1 % bis 2 % des Wirtvolumens ausmachten (Williams 1986).

---

Wasserstoff an sich wirkt hemmend auf den Ziliatenmetabolismus. Von einigen Autoren wurde postuliert, dass durch die Anheftung der methanogenen Bakterien an die Pansenziliaten ein effektiver Interspeziesstransfer von Wasserstoff stattfinden kann, wodurch beide Organismengruppen schneller wachsen können (Wolin 1974; Vogels et al. 1980; Finlay et al. 1994). Dadurch liesse sich auch die höhere Methanproduktion und die damit zusammenhängende gesteigerte Hydrogengewinnung (Schönhusen et al. 2003) in Anwesenheit von Protozoen (Eadie & Gill 1971; Whitelaw et al. 1984; Schönhusen et al. 2003), respektive eine Reduktion der Methanemission bei defaunierten Tieren (Jouany et al. 1981; Whitelaw et al. 1984; Russell & Strobel 1989; Williams & Coleman 1992) um 30 % bis 45 % (Ushida et al. 1986b) erklären. Andere Autoren hingegen vermuteten, dass der Interspeziesstransfer von Hydrogen keine wichtige Rolle in der Pansenmethanogenese spielt, da die Methanogendichte sogar bei einer Defaunation anstieg (Machmüller et al. 2003b) oder kein Unterschied zwischen protozoenfreien und faunierten Tieren beobachtet wurde (Krumholz et al. 1983; Itabashi et al. 1984).

Da durch die Methanproduktion dem Wirtstier Energie entzogen wird, wäre es wünschenswert, diese verringern zu können. Dieses  $H^+$  könnte stattdessen für die Synthese von reduzierten Endprodukten, wie flüchtigen Fettsäuren, verwendet werden, welche für den Wirt von Nutzen sind. Theoretisch kann die Methanogenese auf zwei Arten verringert werden - entweder durch den Einsatz von spezifischen Inhibitoren, welche einzelne Schritte der Methanogenese hemmen und so die  $H_2$ -Produktion vermindern, oder durch die Verwendung alternativer Wasserstoffakzeptoren. Durch die direkte Hemmung einzelner Reaktionen kann die Fermentation der beteiligten Mikroorganismen gestört werden. Die Bildung von  $H_2$  dient der Verwertung von Elektronen, welche bei der Oxidation von energieliefernden Substraten freigesetzt werden (Hino et al. 1995). Deshalb ist eine Reduktion in der  $H_2$ -Produktion durch die Steigerung der Reaktionen, welche andere Elektronen, als  $H_2$  akzeptieren, wünschenswert. Wenn möglich, sollte eine Verlagerung auf einen Propionat-bildenden Fermentationsweg erreicht werden (Asanuma et al. 1999), da dessen Bildung in einer Nettoaufnahme von  $H_2$  resultiert, während die Bildung von Azetat und Butyrat von einer Wasserstoffproduktion begleitet wird (Czerkawski 1969). Die relative Bildungsrate dieser drei Säuren bestimmt also die Menge des überschüssigen  $H_2$ , welches im Pansen zur Verfügung steht und durch die methanogenen Bakterien in  $CH_4$  umgewandelt wird. Die Methanproduktion ist direkt proportional zur Azetatproduktion und umgekehrt proportional zur Propionatproduktion.

Im Vergleich zu Struktur-Kohlenhydraten (z. B. Zellulose), resultiert die Fermentation der Nicht-Struktur-Kohlenhydrate in weniger  $CH_4$  pro Einheit fermentiertem Substrat (Hungate 1966). Eine Erhöhung des Anteils an Konzentrat im Futter hat daher eine Reduktion der Methanogenese zur Folge (Van Soest & Demeyer 1996).

In der Literatur wurden bereits sehr viele Substanzen im Hinblick auf deren Wirkung auf die Methanogenese und die Protozoenpopulation untersucht. In vitro wurde beobachtet, dass die Protozoen durch Monensin gehemmt werden (Hino 1981), in vivo aber haben nicht alle Autoren einen Abfall der Protozoenzahl gefunden (Donius et al. 1976). So fanden Towne et al. (1990a) an Hereford-Angus Färsen weder einen Einfluss auf die totale Protozoenkonzentration, auf den Pansen-pH, noch auf die Laktatkonzentration. Die Holotrichen sind besonders empfindlich auf den Effekt von antiprotozoischen Oberflächendetergenzien (Burggraaf & Leng 1980). Einen

---

aktuellen Überblick über diese Forschung geben die Veröffentlichungen von Kamra et al. (2008), Beauchemin et al. (2008) sowie Mc Allister & Newbold (2008).

### **3.1.16 Mineralstoffmetabolismus, Vitamine**

Mineralische Elemente werden für das mikrobielle Wachstum und für verschiedene Prozesse der Fermentation benötigt. Die ruminale Fauna spielt eine wichtige Rolle im Metabolismus einiger diätetischer Mineralien, wie Kupfer, Zink und Magnesium. Der Effekt der Protozoen auf den Kupfermetabolismus ist indirekt und hängt vom Proteintyp in der Nahrung ab (Ivan 1989). Durch eine Faunierung wurde die Verfügbarkeit von Kupfer bei Schafen mit einer Maissilage-Sojaextraktionsschrot-Ration vermindert, wobei das Ausmass unabhängig von der Kupferkonzentration war (Ivan 1988). Es scheint, als würden Ziliaten mehr Magnesium und Kalzium benötigen als Bakterien (Bonhomme 1990).

Die Mikrofauna des Pansens kann keine Vitamine synthetisieren und deckt ihren Bedarf teilweise über die Aufnahme im Futter und teilweise über die symbiotische Beziehung mit Bakterien (Bonhomme 1990). Die B- und K-Vitamine werden von Pansenmikroorganismen gebildet, so dass keine Mangelsymptome auftreten, wenn sie nicht supplementiert werden (Williams & Coleman 1988). Obwohl die Mikroorganismen kein Vitamin E bilden können, treten Mangelsituationen nur sehr selten auf, da die meisten Futtermittel eine ausreichende Menge enthalten (Putnam & Comben 1987). In einer in vitro Studie kam es durch den Zusatz von Vitamin E zu einer Erhöhung der Konzentration der Gesamt-VFA, Azetat, Propionat und Ammoniumstickstoff und einem tieferen Butyrat und Laktat. Ebenso sanken der pH und die Protozoenzahlen (Naziroglu et al. 2002). Bei in vivo und in vitro Studien an Schafpansenflüssigkeit führte Vitamin E zu einer Steigerung der Zahl und Aktivität der Bakterien (Hiridoglou & Lessard 1976) und Protozoen (Naziroglu et al. 1997).

Biotin wird von den Pansenmikroorganismen für eine effektive Fermentation benötigt und stellt einen wichtigen Kofaktor in der Transkarboxylationsreaktion dar. In einem künstlichen Pansensimulationssystem (RUSITEC) wurde Biotin untersucht, wobei sich eine Faunation nicht signifikant auf den Biotinausstoss in den soliden Resten auswirkte. Positive Biotinbilanzen lassen eine mikrobielle Synthese von Vitaminen im RUSITEC vermuten. Der durchschnittliche Biotinausstoss war im defaunierten System grösser als im faunierten, was laut den Autoren auf eine höhere Synthese oder/und eine geringere Verwertung von Biotin unter diesen Konditionen schliessen lässt. Die Biotinbalance stieg mit einem gesteigerten Getreidgehalt im Futter (Abel et al. 2006).

### **3.1.17 Effekt der Defaunierung**

Bei der Erforschung der Funktion der Pansenprotozoen wurden einige Studien mit defaunierten Tieren durchgeführt. Die dabei erhaltenen Resultate werden nachfolgend erläutert.

---

Eine Defaunation zeigte keinen Effekt auf die Futteraufnahme oder die Futterumwandlungseffizienz (Bird & Leng 1984; Eugène et al. 2004).

Der Effekt von Protozoen auf das Wachstum von Wiederkäuern scheint umstritten zu sein. Einige Studien berichten von mehr als 30 % höheren Gewichtszunahmeraten bei faunierten Lämmern (Abouakkada & El-Shazly 1964; Christiansen et al. 1965; Borhami et al. 1967; 1983) und signifikanten Unterschieden bei faunierten Büffeln (Borhami et al. 1967) im Vergleich mit protozoenfreien Tieren, durch eine effizientere Metabolisierung der Futterkomponenten, wohingegen andere Autoren keine Unterschiede fanden (Becker & Everett 1930; Pouden & Hibbs 1950; Eadie 1962b; Eadie & Gill 1971; Williams & Dinusson 1973b) oder die Defaunation mit einem moderaten Anstieg der Gewichtszunahme assoziiert war (Bird & Leng 1983; 1984), welche bei hohen Grünfütterlevels deutlicher zu sein schien (Eugène et al. 2004). Die geringeren Gewichtszunahmen in den ersten Wochen bei faunierten Tieren wurden in einigen Studien gegen Ende der Fütterungsperiode jedoch kompensiert, so dass gegen Versuche das Gewicht beider Versuchsgruppen im selben Bereich lag (Van Nevel et al. 1985). Bei Verabreichung der antiprotozoär wirkende Substanz Teric GN9 (einem polydispersen Nonylphenol-Ethoxylat) zeigten die Tiere, welche die geringste Konzentration erhielten, eine grössere Körpermassen-Zunahme und Aufnahme von Melasse, welche eine enge Korrelation zur Körpermassen-Zunahme zeigte, als die Kontrolltiere und diejenigen, welche mehr Teric GN9 erhielten (Boodoo et al. 1978). Das Pansenvolumen und die Pansenmasse scheinen bei protozoenfreien Tieren gleich zu sein wie bei Faunierten (Bird & Leng 1983).

In einigen Studien wurde die Entwicklung eines Hängebauches (Pouden & Hibbs 1950; Eadie & Gill 1971) oder eines rauen Haarkleides bei defaunierten Tieren beobachtet (Abouakkada & El-Shazly 1964).

Aufgrund des gesteigerten Wollwachstums bei defaunierten Tieren (Bird & Leng 1984; Eugène et al. 2004) wurde vermutet, dass diesen mehr schwefelhaltige Aminosäuren intestinal zur Verfügung stehen, was durch den grösseren Abfluss von mikrobiellem Stickstoff bei defaunierten Tieren gezeigt werden konnte (Bird & Leng 1983). Dies weist – ebenso wie die unter dem Kapitel „Stickstoffmetabolismus“ dargestellten Studien – darauf hin, dass durch die Entfernung der Protozoen aus dem Pansen die Effizienz der mikrobiellen Proteinsynthese gesteigert wird.

Die verschiedenen Effekte in der Entwicklung könnten auf Unterschiede in der experimentellen Diät beruhen, aber auch auf dem physiologischen Status und dem Alter der Tiere (Veira et al. 1983). Insbesondere ist bei Versuchen darauf zu achten, dass die Versuchsgruppe durch die für die Defaunation notwendige Behandlung nicht unverhältnismässig in ihrem Allgemeinbefinden und der Futteraufnahme gestört wird. Diesbezüglich stellt die Defaunation aller Tiere mit nachfolgender Refaunation der Kontrollgruppe einen korrekten experimentellen Ansatz dar (Bird & Leng 1984).

Durch die Defaunation kam es bei Rindern zu einem Abfall der totalen VFA im Pansen, zu einem Abfall von Azetat, Butyrat und dem Azetat: Propionatverhältnis, während Propionat anstieg (Whitelaw et al. 1984; Schönhusen et al. 2003; Eugène et al. 2004). Zudem wurde Laktat von protozoenfreien Tieren weniger effektiv aus dem Pansen entfernt (Chamberlain et al. 1983; Newbold et al. 1987). Dies könnte aber aufgrund der Studie von Eugene et al. (2004) vom Konzentratgehalt der Nahrung abhängen; diese Autoren beobachteten bei einem tiefen Konzentratgehalt eine

---

sinkende Azidität im Pansen nach der Defaunation, während es bei einem hohen Konzentratgehalt zu einem gegenteiligen Effekt kam.

Stickstoff und Protein aus dem Futter wird in Anwesenheit von Ziliaten weniger effektiv verwertet, und bei Futter mit einem geringen Proteingehalt ist die Defaunation assoziiert mit einer gesteigerten Effizienz der Futterverwertung, der Wachstumsrate und der Wollproduktion (Bird & Leng 1983). Eine Defaunation senkt nicht notwendigerweise den mikrobiellen Stickstofffluss ins Duodenum, weil bakterieller Stickstoff leichter aus dem Pansen ausgewaschen wird als protozärer Stickstoff (Hsu et al. 1991).

Die Defaunation scheint zu einer Adaptation der Bakterien zu führen, so dass sie die metabolische Rolle der Protozoen übernehmen und eventuell keine wesentlichen Veränderungen in der Zusammensetzung und metabolischen Aktivität des Vormageninhalts offensichtlich werden (Jouany & Senaud 1979; Van Soest 1994b).

### **3.1.18 Generationszeiten**

Generell kann ein Organismus im Pansen nur überleben, wenn seine Generationszeit geringer ist als seine durchschnittliche Retentionszeit in diesem Organ. Es gibt ebenfalls Hinweise, dass im Pansen eine beträchtliche Lyse von Protozoen stattfindet, was eine geringere Generationszeit bedingt (Leng 1982; Michalowski et al. 1986; Ankrah et al. 1990; Dehority 1998). Die Generationszeit von Protozoen ist im Allgemeinen relativ lang und ihr Verbleiben im Pansen hängt von den Strategien ab, mit welchen sie ihr Auswaschen verhindern (Van Soest 1994b). Einige Mikroben können in der Situation eines schnellen Transits oder Turnovers durch die Anheftung an grosse, selektiv retinierte Futterpartikel oder an die Organwand überleben (Van Soest 1994b).

Hungate (1942, 1950) berechnete, dass die Generationszeit eines Organismus, um in einem kontinuierlichen Fütterungssystem zu Überleben, gleich oder weniger als 0.69 der Turnoverzeit betragen muss. Bewegen sich die Protozoen mit einer Fraktion des Panseninhaltes, die eine Turnoverzeit von eineinhalb Mal am Tag besitzt, so muss die Generationszeit kleiner als elf Stunden sein (Hungate 1942, 1966). Aber die Umschlagszeit im Pansen variiert zwischen der flüssigen und der festen Fraktion und es ist noch nicht sicher, welcher Fraktion die Protozoen zuzuordnen sind. Wenn Protozoen sich mit der festen Schicht bewegen, deren Turnoverzeit zwischen 30 und 60 Stunden liegt (Hungate 1966; Church 1976), werden sie nicht leicht ausgewaschen. Hungate et al. (1971) vermuteten, dass sich rund 80 % der Protozoen mit der flüssigen Fraktion bewegen, welche eine Turnoverzeit von nur zehn bis 16 Stunden besitzt.

Van Soest (1994, S. 256) gibt an, dass die Generationszeit von Entodinen bei acht Stunden und die von Holotrichen bei 36 Stunden liegt, und bezieht sich dabei auf Hungate (1966); allerdings lassen sich diese Angaben nicht direkt so in Hungate (1966) wiederfinden.

Quinn et al. (1962) stellten anhand von in-vitro-Protozoen-Kultur bei den meisten Arten nur ein geringes Wachstum der Population dar, lediglich bei den Isotricha konnte die initiale Konzentration über mehrere Tage aufrechterhalten werden. Die Turnoverzeit lag in diesem Experiment bei 48 Stunden, welche in sieben Tagen die



Zahl der Holotrichen auf drei Prozent der initialen Konzentration reduzieren konnte, wenn keine Teilung auftrat. Im kontinuierlichen Kultursystem von Rufener et al. (1963) waren nach über 231 Stunden noch einige Entodinia am Leben, die anderen Protozoen waren verschwunden. Dies kann als Hinweis auf Unterschiede in der Tenazität von Pansenprotozoen in Abhängigkeit vom Turnover des Panseninhalts gewertet werden und gilt als bisher einziger Hinweis, dass Entodinia eine schnellere Retention eher überleben als Holotriche.

In Tab. 5 werden die Generationszeiten verschiedener Spezies aufgelistet. Dabei ist zu beachten, dass keine Untersuchungen vorliegen, welche sich mit der Generationszeit der Holotrichen auseinandersetzen.

**Tab. 5: Generationszeiten verschiedener Protozoenspezies**

Gattung	Spezies	Gen.Zeit (h)	Spezielles	Quelle
Alle Ziliaten		13.5-37.3	Zwischen 5-20h	(Potter & Dehority 1973)
Entodinium	Gemischte Entodinien	9-10	Initial bei Refaunation Schaf	(Williams & Withers 1993)
	E. bursa	6		(Coleman 1979b)
	E. caudatum	23		(Coleman 1979b)
		13.3	Zwischen 24-48h, reine Kultur	(Hungate et al. 1971)
		30.8	Zwischen 24-120h, reine Kultur	(Hungate et al. 1971)
		18.5	Zwischen 72-96h, Kokultur	(Hungate et al. 1971)
		19.5	Zwischen 0-19h, Kokultur	(Hungate et al. 1971)
	E. exiguum	12.8-14		(Dehority 2004)
	E. longinucleatum	31		(Coleman 1979b)
	E. simplex	38		(Coleman 1979b)
Epidinium	Ep. caudatum	15.9		(Hungate et al. 1971)
		16.3	Zwischen 0-96h	(Hungate et al. 1971)
		40		(Onodera & Henderson 1980)
	Ep. ecaudatum	26		(Coleman 1979b)
Eudiplodinium	Eu. maggii	22.5-31.2		(Dehority 2004)
Ophryoscolex	O. purkinjei	29		(Dehority 2004)
Polyplastron	P. multivesiculatum	14		(Coleman 1979b)

Anmerkung zur Tabelle:

Coleman (1979b) legte die Generationszeiten basierend auf einem logarithmischen Wachstum in vitro fest.

Die Resultate der Untersuchung von Potter und Dehority (1973) lassen kürzere Generationszeiten von Entodinium und Diplodinium vermuten, als früher in vitro festgestellt wurden.

---

## 3.2 Einflüsse auf die Protozoenpopulation im Vormagen

### 3.2.1 Interaktionen zwischen Protozoengruppen

Die Pansenziliatenpopulation wurde aufgrund ihres Verhaltens in vier Gruppen (A, B, K und O) eingeteilt (Eadie 1956, 1962a; Imai et al. 1978, 1979; Ogimoto & Imai 1981; Williams & Coleman 1992). Diese Einteilung hat nichts mit dem Vorkommen von Entodinium (Kurihara et al. 1968) oder Holotrichen (Eadie 1962a; Eadie et al. 1967) zu tun, da diese in allen Gruppen auftreten (Eadie 1962a). Gruppe A beinhaltet *P. multivesiculatum*, *Ophryoscolex*, *Diploplastron affine* und meist, aber nicht immer *Metadinium affine*. Zu der Gruppe B zählen *Epidinium* spp., *Eu. (Eremoplastron) maggii*, und *Eu. bovis*. Die Gruppe K besitzt *Elyplastron bubali* und O enthält keine der Spezies aus den Gruppen A, B und K und setzt sich bei Weidetieren durch (Lyle et al. 1981a; Dennis et al. 1983).

Die Populationen A und B sind antagonistisch, und wenn sie gemischt werden, verschlingt *P. multivesiculatum* - bei Lämmern immer, bei Kälbern nicht immer (Eadie 1962a) - selektiv *Epidinium* und *Eudiplodinium* und transformiert so eine Typ B-unwiderruflich in eine Typ A-Population (Eadie 1967; Coleman et al. 1972). In Schafherden kann es vorkommen, dass ein Teil der Tiere eine A-, der andere Teil jedoch eine B-Population enthält. Wenn einem Tier mit einer B-Population eine geringe Menge A inokuliert wird, ersetzt letztere die B-Population (Eadie 1967). Aufgrund solcher Beobachtungen wird vermutet, dass Tiere mit einer Typ A-B-Fauna nur in einem Übergangsstadium sind, in welchem die Elimination der *Eudiplodinium* und/oder *Epidinium* noch nicht vollendet ist. Die A-Fauna ist daher auch der dominierende Faunatyp (Gocmen et al. 2003). Tiere mit einer Typ A-Population enthalten signifikant höhere Protozoenkonzentrationen als Tiere mit einer Typ B- oder gemischten A-B-Population (Towne et al. 1988b).

Domestizierte Wiederkäuer besitzen meist eine Typ A- oder eine gemischte Population (Eadie 1962b; Abou Akkada et al. 1969; Dehority 1978; Towne et al. 1988a). Typ B-Populationen wurden hingegen bei verschiedenen Wildwiederkäuern gefunden, wie Büffeln (*Bubalus bubalis*) (Dehority 1979; Towne et al. 1988a), Moschusochsen (*Ovibos moschatus*) (Dehority 1974, 1985), Rothirschen (*Cervus elaphus*) (Prins & Geelen 1971) und afrikanischen Antilopen (*Redunca* spp.) (Van Hoven 1983).

Obwohl Eadie (1967), Abou Akkada et al. (1969) und Clarke und Hungate (1977) von einem gegenseitigen Ausschluss von *Eu. maggii* und *P. multivesiculatum* in einem stabilen Pansen berichteten, fanden Vogels et al. (1980) ein simultanes Vorkommen dieser beiden Spezies in vier von 25 Kuhpansen.

Ein Antagonismus wurde auch zwischen *E. bursa* und *E. caudatum* (Poljansky & Strelkow 1938) sowie zwischen *Ophryoscolex* spp. und *Epidinium* spp. (Eadie 1967) beobachtet. *Polyplastron* und *Ophryoscolex* sind Räuber von *Epidinium* sp., *Entodinium* sp., *Eudiplodinium*, *Eremoplastron*, *M. medium* und *Ostracodinium* (Abou Akkada et al. 1969; Bonhomme 1990).

---

Zwischen den Spezies kommen nicht nur Antagonismen vor, sondern auch Assoziationen. So tendiert *Diploplastron affine* dazu, sich mit Polyplastron zu vergesellschaften (Eadie 1962a; Warner 1962). Die beteiligten Faktoren sind unklar, es gibt aber geringe Hinweise, dass Raub, Futterkonkurrenz um die essentiellen Nährstoffe oder ein grober Wechsel der Bakterienspezies vorkommen (Lubinsky 1957; Bonhomme 1990).

Die Populationsdichte der Holotrichen folgt nicht immer derjenigen der Entodiniomorphen (Eadie & Mann 1970) und steigt oft an, wenn die totale Ziliatendichte abfällt.

### 3.2.2 Interaktionen zwischen Protozoen und Bakterien

Neben Protozoen kommen auch Bakterien im Pansen von Wiederkäuern vor. Das Zusammenspiel dieser Mikroorganismengruppen ist noch nicht vollständig geklärt.

Verschiedene Autoren haben bereits den Effekt einer Defaunierung auf die Bakterienzahl untersucht. Dabei wurde beobachtet, dass protozoenfreie Tiere eine höhere Bakterienzahl besitzen als faunierte (Bryant & Small 1960; Eadie 1962b; Eadie & Hobson 1962; Kurihara et al. 1968; Eadie & Gill 1971; Hsu et al. 1991). Dem Gegenüber stehen die Resultate von Jouany et al. (1981) welche keinen Anstieg der Bakterienzahl bei defaunierten Schafen fanden. Zwei Erklärungen scheinen für den Anstieg der Bakterienzahl nach einer Defaunierung denkbar. Zum Einen reduzieren die Protozoen die Bakterienzahl durch die direkte Ernährung (Gutierrez 1958), zum Anderen verwerten sie Futterbestandteile, die sonst für die Produktion einer grösseren Bakterienmasse zur Verfügung stehen würden. Trotz der erhöhten Bakterienzahlen wurde kein Anstieg in der Konzentration von mikrobiellem Rohprotein oder der OM gesehen, was darauf beruhen könnte, dass die Protozoen mehr zur Pansenbiomasse beitragen als andere Pansenmikroben.

Coleman (1975) besagte, dass Bakterien und Protozoen einander gegenseitig nützlich sind. *Entodinium* spp. verdauen Stärke und Proteine, wodurch Zucker und Aminosäuren verfügbar werden für sich selber und für die Bakterien. Die letzteren halten das Redoxpotential genügend tief, um eine Vermehrung von Protozoen zu erlauben. Die meisten Protozoen können nicht mit Bakterien in der Aufnahme von löslichen Kohlenhydrate konkurrieren, können aber unlösliche Kohlenhydrate wie Stärke und Zellulose aufnehmen und intern, geschützt vor den Bakterien, verdauen (Hungate 1972). Die Holotrichen hingegen können keine unlöslichen Kohlenhydrate inkorporieren und müssen deshalb mit den Bakterien um die Löslichen konkurrieren (Oxford 1955b). Aufgrund der weiten Verbreitung von Holotrichen im Pansen von domestizierten und wilden Tieren wird davon ausgegangen, dass ihnen das gelingt und dass sie gut an die Pansenumgebung adaptiert sind (Weller & Pilgrim 1974; Leng 1982; Bird & Leng 1983).

Protozoen können auch einen negativen Effekt auf die amylolytischen (Kurihara et al. 1968) und die zellulolytischen (Jouany 1978) Bakterien ausüben. Zudem scheint der Faunatyp die Populationsgrösse der zellulolytischen Bakterien zu beeinflussen, indem grosse Ziliaten der A-Population, hauptsächlich *P. multivesiculatum*, als Räuber agierten (Ushida et al. 1991).

---

Eine Aufnahme von Bakterien durch Ziliaten wurde bei den Gattungen Diplodinium, Entodinium, Isotricha und Dasytricha gezeigt (Gutierrez 1958; Gutierrez & Davis 1959; Coleman & Hall 1972), wobei die Rate der Bakterienaufnahme pH abhängig zu sein scheint, mit einem Optimum von 6 bis 7 (Hristov & Jouany 2005). Bakterien spielen eine wichtige Rolle in der Ernährung der Holotrichen, welche Pansen- (Gutierrez & Hungate 1957; Gutierrez 1958) und Nichtpansen-Bakterien (Wallis & Coleman 1967) aufnehmen und nicht ohne lebende Bakterien kultiviert werden können (Gutierrez & Hungate 1957; Clarke & Hungate 1966).

### **3.2.3 Tägliche Schwankungen in der Protozoenpopulation**

Der tierische Organismus zeigt in vielen physiologischen Vorgängen einen circadianen Rhythmus. Ob ein solcher auch bei den Pansenprotozoen existiert, wurde von zahlreichen Autoren untersucht. Tatsächlich wurden tägliche Schwankungen der Ziliaten beobachtet; diese fielen jedoch von Studie zu Studie, aber auch für einzelne Gattungen und Spezies unterschiedlich aus. Es ist davon auszugehen, dass Konzentrationen im Pansen stark mit Änderungen des Flüssigkeitsvolumens korrelieren. Untersuchungen dazu liegen bei Wildwiederkäuern kaum vor. Die meisten Studien wurden an Hauswiederkäuern durchgeführt.

Bei der Betrachtung der Gesamt-Protozoenzahl fällt auf, dass sich diese nicht in allen Studien gleich verhielt. Srivastava und Chaturvedi (1973) zeigten, dass sie bei Kälbern vor der Fütterung am höchsten war, während Dehority und Mattos (1978) bei einer Kuh einen postprandialen Anstieg der Protozoenkonzentration beobachteten. Drescher-Kaden (1981) hingegen fand bei Gemsen und Rothirschen überhaupt keine tageszeitlichen Fluktuationen.

Betreffend der Entodiniomorpha erkannten viele Autoren ein ähnliches Muster: die höchste Konzentration wurde bei 1 x-täglicher Fütterung vor der Fütterung gemessen; diese fiel bis zu 16 Stunden nach der Fütterung ab und stieg dann bis zur nächsten Fütterung wieder an (Warner 1962, 1966b; Michalowski 1977; Michalowski & Muszynsky 1978). Diese Beobachtungen wurden unter anderem bei Kälbern (Srivastava & Chaturvedi 1973), Ochsen (Towne & Nagaraja 1989), Bisons (Towne & Nagaraja 1989) und Wasserbüffeln (Michalowski 1977) gemacht. Bei Letzteren wiesen Diplodinium den selben Verlauf auf wie die Entodinien (Michalowski 1977). Im Gegensatz dazu fanden Purser und Moir (1959b) bei Schafen einen anderen Verlauf. In ihrer Studie wurde die grösste Konzentration von Entodinium eine oder zwei Stunden nach der täglichen Fütterung und wieder nach 8-16 Stunden gemessen.

Auch bei den Holotrichen wurden circadiane Fluktuationen beobachtet, welche jedoch nicht in allen Studien gleich ausfielen. Prinzipiell können drei Muster unterschieden werden: ein präprandiales Maximum der Holotrichen mit nachfolgendem Abfall, ein Anstieg unmittelbar postprandial oder ein Ansteigen bereits vor Fütterungsbeginn mit Fortsetzung nach der Fütterung.

In einigen Studien wurde die maximale Holotrichenkonzentration unmittelbar vor der Fütterung erreicht, und die Zahl der Holotrichen begann mit der Fütterung, für eine Periode von zwölf bis 20 Stunden, zu fallen (Purser 1961; Warner 1962; Michalowski

---

1975, 1977) wenn sich teilende Formen abwesend waren (Purser 1961; Warner 1966b; Michalowski 1977). Etwa sechs Stunden nach der Fütterung wurde ein Minimum erreicht. Bei regelmässig, einmal täglich gefütterten Schafen konnte Warner (1962) beobachten, dass sich *Dasytricha* vorwiegend einige Stunden vor der Fütterung in Teilung befanden. Die geringe Anzahl von Protozoen, die von Purser (1961) beobachtet wurde, liessen den Autor vermuten, dass seine Ergebnisse ein Resultat von tageszeitlich unterschiedlicher Sequestrierung der Protozoen im Pansenraum darstellten.

Einige Autoren beobachteten vor der Fütterung relativ geringe Konzentrationen der Holotrichen im Pansen von Rindern, Ziegen und Schafen, welche aber unmittelbar nach Fütterungsbeginn anstiegen und einige Stunden später ein Maximum erreichten (Purser 1961; Warner 1962; Clarke 1965a, b; 1966b; Valdez et al. 1977; Dehority & Mattos 1978; Abe et al. 1981; 1983; Murphy et al. 1985). Die Population erholte sich innerhalb von vier bis sechs Stunden auf ihren Anfangswert (Purser 1961; Warner 1966b; Michalowski 1975, 1977; Michalowski & Muszynsky 1978).

Bei einem Rind wurde festgestellt, dass die Konzentrationen von *Isotricha* und *Dasytricha* in den ersten 30 Minuten nach der Fütterung viel stärker anstiegen als die Konzentrationen anderer Gattungen. Für dieses Phänomen hatten die Autoren keine Erklärung gefunden (Dehority & Mattos 1978).

Bei Herefordrindern und Bisons veränderte sich die Holotrichenzahl über die Zeit nicht signifikant, obwohl *Da. ruminantium* bei den Bisons nach der Fütterung anstieg (Towne & Nagaraja 1989). Erhielten fistulierte Holsteinkühe Weizenstroh und ein Konzentratgemisch, stieg die Holotrichenkonzentration im Pansen in den ersten zwei Stunden nach der Fütterung stark an. Wurde das Futter direkt in den Pansen verabreicht kam es zu einem etwas geringeren Anstieg der Holotrichenkonzentration. Dies lässt den Schluss zu, dass der Fressakt wichtig ist, aber auch noch andere Faktoren an der Erhöhung der Holotrichenkonzentration beteiligt sind (Murphy et al. 1985).

In anderen Studien begann die Population der Holotrichen bereits vor dem Fütterungsbeginn zu steigen, erreichte unmittelbar nach der Fütterung ein Maximum und fiel nach Beendigung der Fütterung ab (Dehority 1970; Dehority & Mattos 1978; Abe et al. 1981; Dennis et al. 1983; Murphy et al. 1985).

Detaillierte Studien einzelner Protozoenspezies dürften Ausnahmen von diesen allgemeinen Beobachtungen bezüglich Entodiniomorpha und Holotricha aufzeigen. So folgt *B. parva* einem täglichen Zyklus, der ähnlich ist wie bei den anderen Holotrichen (Dehority 1970), das Holotriche *C. ventriculi* hingegen einem Muster, das dem der Entodiniomorphen näher ist (Dehority & Mattos 1978).

Es ist nicht auszuschliessen, dass diese unterschiedlichen Ergebnisse auch durch den Einsatz verschiedener Methoden in den einzelnen Studien verursacht wurden.

Aufgrund der Resultate wurde vermutet, dass die Fütterung nur einen geringen Einfluss auf das Muster der täglichen Variation der Ziliatenkonzentration besitzt. Als Ursache für den Zyklus von Entodinium, mit einem postprandialen Abfall, werden weitgehend physiologische Verdünnungsfaktoren, durch die Fütterung, die Tränkung und die Salivation gesehen (Srivastava & Chaturvedi 1973; Michalowski 1977). Dabei wird davon ausgegangen, dass die Wachstumsrate geringer ist als die Verdünnungsrate (Michalowski 1977). Daneben kommen aber auch andere Ursachen für den Abfall nach der Fütterung in Frage, wie eine schnelle Multiplikation, und ein sukzessives Bersten der Zellen nach vermehrter Substrataufnahme (Dehority

---

& Tirabasso 1989). Letzteres konnte von Michalowski (1977) kaum beobachtet werden. Dieses Platzen der Protozoen soll durch eine Überakkumulation von intrazellulär synthetisierten Speicherpolysacchariden zustande kommen (Clarke 1965a, b). Valdez et al. (1977) hingegen glaubten, dass dieses Bersten lediglich ein Artefakt aufgrund der künstlichen Konditionen in vitro war (Prins & Van Hoven 1977; Van Hoven & Prins 1977).

Im Gegensatz zur Kontrolle der Konzentration durch Verdünnungsfaktoren bei den Entodiniomorphiden scheinen bei den Holotrichen andere Mechanismen vorzuliegen. Verschiedene Möglichkeiten wurden vorgeschlagen, um den postprandialen Abfall der Holotrichen zu erklären. Die charakteristische Fluktuation der Holotrichenzahl im Pansen von Rindern wurde aber vorwiegend der Sequestration der Organismen an Futterpartikel oder Pansenwandpapillen zugeschrieben (Purser 1961). Dazu passte auch die Beobachtung eines spezialisierten Haftungsorgans bei *Isotricha* spp. (Orpin & Hall 1983), mit welchem sie sich nach der Fütterung an Pflanzenpartikel anheften können (Orpin & Letcher 1978; Abe et al. 1981). In den oben erwähnten Studien konnten die Sequestrationseffekte meist nicht beurteilt werden, da die Proben über eine Magensonde oder eine Pansenfistel entnommen wurden.

Die Sequestrationstheorie wurde von Abe et al. (1981) ausgebaut, um den vierfachen Anstieg der Holotrichenzahl innerhalb einer Stunde nach der Fütterung mit einem nachfolgend abrupten Abfall zu erklären. Die Beobachtung von geringeren Fluktuationen der Holotrichenzahl bei der Verteilung derselben Menge Kraftfutter auf mehrere Portionen am Tag, liess die Autoren ebenfalls vermuteten, dass die Holotrichen an der Wand des Retikulums sequestrieren, mit dem Eintreffen neuen Futters in den Panseninhalt migrieren und sich später (wieder) an die Pansenwand zurückziehen (Abe et al. 1981). Der Verdacht liegt nahe, dass jeder Migrationsschritt mit einem Auswaschen der Holotrichen Protozoen verbunden ist. Je häufiger also eine Migration auftritt, desto mehr Organismen würden mit der Flüssigkeit aus dem Pansen ausgewaschen werden. Die Mechanismen und die Ursachen für die Zurückwanderung der Holotrichen an die Pansenwand und die Migration in den Panseninhalt sind noch nicht definitiv geklärt (Abe et al. 1981).

Die Wanderung in den Pansen könnte eine Antwort auf einen chemischen Stimulus sein wie Glukose (Murphy et al. 1985). Dies wurde an fistulierten Holsteinkühen durch die Eingabe verschiedener Lösungen in den Pansen getestet. Dabei kam es nur durch Glukose zu einer Stimulation der Holotrichenmigration; die übrigen Lösungen, wie destilliertes Wasser, künstlicher Speichel, Maisstärke oder Kochsalz verursachten keine solche Wirkung (Murphy et al. 1985).

Ebenfalls könnte die Wanderung durch die Kontraktion des Retikulums während der Futteraufnahme bei Rindern bedingt sein oder schon aufgrund physiologischer Reaktionen auf eine in Kürze bevorstehende Fütterung verursacht werden (Abe et al. 1983). Letzteres wurde an Schafen und Ziegen gezeigt, bei welchen derselbe Anstieg der Holotrichen im Pansen zur üblichen Fütterungszeit ohne eine aktuelle Futteraufnahme auftrat wie bei den Kontrolltieren - eine Antwort, die einem konditionierten Reflex gleicht. Wenn die Tiere über längere Zeit verspätet gefüttert wurden, verschwand der Anstieg der Holotrichen zur früher üblichen Fütterungszeit (Abe et al. 1983). Die Autoren vermuteten, dass die Kontraktion des Retikulums bei Schafen und Ziegen durch Stimuli, welche mit der Fütterung zusammenhängen, ausgelöst wird, während diese bei den Rindern nur durch die tatsächliche Futteraufnahme stimuliert wird, da bei letzteren nie ein Anstieg der Holotrichen bei ausbleibender Fütterung beobachtet werden konnte.

---

Dehority und Tirabasso (1989) vermuteten, dass die Sequestration der Holotrichen bei Schafen aus einer Niederlassung im ventralen Pansen resultiert und Abe et. al (1989) zeigten, dass diese bei Rindern eher in der kranialen als in der ventralen Region des Retikulorumens auftrat.

### 3.2.4 Jahreszeitliche Schwankungen der Protozoen

Die Protozoenpopulation scheint über das Jahr sowohl in ihrer Zahl, als auch ihrer Zusammensetzung nicht konstant zu sein. Da vermutet wird, dass die Fütterung einen Einfluss auf die Protozoen besitzt, wäre es nahe liegend, dass die unterschiedliche Futterzusammensetzung in den verschiedenen Jahreszeiten die Protozoenpopulation verändern könnte. Es wird angenommen, dass ein Trend zu höheren Zahlen in der Vegetationsperiode gegenüber den übrigen Jahreszeiten - dem Winter beziehungsweise Trockenzeit - besteht. Die Vegetationsperiode fällt in den gemäßigten Zonen in den Sommer, in den Tropen in die Regenzeit. Nachfolgend werden einige Studien erwähnt, die sich mit dieser Annahme auseinander gesetzt haben.

Höhere Protozoenzahlen während der Vegetationsperiode wurden schon bei mehreren Wildwiederkäuern beobachtet. Beschrieben wurden diese unter anderem bei Damhirschen (*Dama dama*) (Kamler 1999), Sikahirschen (*Cervus nippon*) (Ichimura et al. 2004), Rothirschen (*Cervus elaphus*) (Brüggemann et al. 1967; Hobson et al. 1976; Drescher-Kaden 1981; Kamler 1999), Rehen (*Capreolus capreolus*) (Brüggemann et al. 1967; Kamler 1999), Weisswedelhirschen (*Odocoileus virginianus*) (Pearson 1965), Maultierhirschen (*Odocoileus hemionus*) (Pearson 1969), Rentieren (*Rangifer tarandus*) (Westerling 1970), Büffeln (*Bubalis bubalis*) (Kulkerni et al. 1971), Leierantilopen (*Damaliscus lunatus*) (Van Hoven 1975), Buntböcken (*Damaliscus dorcas*) (Van Hoven 1978), Gensen (*Rupicapra rupicapra*) (Drescher-Kaden 1981), Mufflon (*Ovis ammon musimon*) (Kamler 1999) und Zeburindern (*Bos indicus*) (Kulkerni et al. 1971; Bonhomme-Florentin et al. 1978). Dieselben Beobachtungen konnten auch bei Schafen (Ferber 1928; Warner 1962; Hobson et al. 1976) und Ziegen (Ferber 1928; Warner 1962) gemacht werden. Brüggemann et al. (1967) aber kamen zum Schluss, dass die Spitzenwerte nicht immer im Sommer erreicht werden. So überstieg beispielsweise bei Rothirschen die Protozoenzahl im Herbst diejenige des Sommers. Analog fand Pearson (1969) bei Maultierhirschen die höchsten Ziliatenwerte im Spätsommer. Die Differenzen zwischen Sommer und Winter fielen nicht bei allen Tierarten gleich hoch aus. So zeigte Kamler (1999) bei Rehen geringere Differenzen in der Protozoendichte zu verschiedenen Jahreszeiten als bei Damhirsche, Rothirsche und Mufflon, während die Unterschiede bei den Rothirschen am ausgeprägtesten waren. Dies steht im Gegensatz zu früheren Beobachtungen, bei denen die Fauna von Rehen deutlicheren Schwankungen unterlag als diejenige von Rothirschen (Brüggemann et al. 1967).

Die Beobachtung von höheren Protozoenzahlen während der Vegetationsperiode und den tieferen Zahlen während des Winters / der Trockenzeit lassen auf einen direkten Zusammenhang zwischen der Grünfutterverfügbarkeit oder dem Nährstoffgehalt und der Protozoenzahl schliessen (Pearson 1969). Je reicher das Futter an Zellinhaltsstoffen und je faserärmer die Nahrung war, desto höher war die Protozoenzahl (Pearson 1965, 1969; Kulkerni et al. 1971). Dies stimmt mit der

---

Untersuchung von Weidegras überein, welches während der Regenzeit den höchsten Gehalt an Rohprotein und den geringsten Gehalt an Gerüstsubstanzen aufweist.

Es zeigte sich, dass die Schwankungen auch mit der geographischen Lage zusammenhängen. So waren die jahreszeitlichen Fluktuationen bei Tieren aus dem Alpenraum stärker ausgeprägt als bei Tieren aus dem Voralpenraum, was wohl mit den stärkeren Schwankungen der Rohnährstoffzusammensetzung im Futter und damit im Panseninhalt der Tiere im Alpenraum erklärt werden kann (Drescher-Kaden 1981).

Des Weiteren besitzt das Paarungsverhalten einen Einfluss auf die Protozoenzahl. So sank die Protozoendichte bei Rehen während der Paarungszeit aufgrund einer verminderten Futteraufnahme unter die Werte vom Winter ab (Deutsch et al. 1998). Bei Rothirschen in der Brunft wurden bei einem Tier gar keine Protozoen gefunden, und bei anderen waren die Werte um mehr als 50 % erniedrigt (Brüggemann et al. 1967).

Da durch verschiedene Futtermittel (vgl. Kap. 3.2.8) auch die Zusammensetzung der Protozoenfauna beeinflusst wird, wäre es nahe liegend, wenn sich neben der Zahl auch die Zusammensetzung mit den Jahreszeiten ändern würde. In einigen der oben aufgeführten Studien wurde neben der Ziliatenkonzentration auch deren Zusammensetzung untersucht.

In der Regenzeit, wo die Pflanzen einen höheren Gehalt an löslichen Zellinhaltsstoffen (wie Stärke, löslichen Kohlenhydraten) und Proteinen enthalten, sollten Protozoen vorherrschen, die auf solche Substanzen spezialisiert sind (wie *Entodinium*, welche diese Substanzen aktiv aufnehmen und verwerten können). In der Trockenzeit, wo die Futterpflanzen mehr Faseranteile enthalten (vorwiegend strukturelle und unlösliche Kohlenhydrate, wie Zellulose), sinkt die Zahl der Protozoen, die dieses Substrat nicht nutzen können (wie *Entodinium*) stärker ab als die von solchen Gattungen, die dieses Substrat zum Teil verwerten können (wie *Diplodinium*) (Van Hoven 1978). Diese Hypothese bestätigte der Autor an Buntböcken, bei welchen im Sommer *Entodinium* vorherrschten, während in den übrigen Jahreszeiten *Diplodinium* die dominante Gattung war. *Diplodinium* und *Entodinium* zeigten einen entgegengesetzten Verlauf.

Drei Jahre vor dieser Beobachtung fand Van Hoven (1975) bei der Leierantilope genau das Gegenteil. Hier waren nämlich die *Entodinium* spp. über das Jahr hinweg relativ stabil, während die *Diplodinium*-Arten im Sommer (Regenzeit) anstiegen und im Winter abfielen. Offensichtlich greift hier das Erklärungsschema nicht. Obgleich beide Arbeiten vom selben Autor stammen, geht dieser auf den offenkundigen Widerspruch der Ergebnisse bei den beiden Wiederkäuerarten nicht ein.

Die von Van Hoven im Jahre 1975 gemachten Beobachtungen wurden schon früher bei Rehen und Rothirschen beschrieben (Brüggemann et al. 1967). In der bereits oben erwähnten Studie von Ichimura et al. (2004) an Sikahirschen sank die Protozoenkonzentration im Winter ab, die Zusammensetzung blieb aber erhalten. *Entodinia*, amylytische und proteolytische Ziliaten machten im Sommer, Herbst und Winter den Hauptbestandteil aus, während fibrolytische *Diplodinia* nur im Sommer und Herbst beobachtet wurden.

Dieselbe Beobachtung, wie sie Van Hoven im Jahre 1978 darstellte, konnte auch von anderen Autoren bestätigt werden. Drescher-Kaden (1981) beobachtete bei Gamsen



---

und Rothirschen im Winter einen Abfall der Epidinia und einen Anstieg der Diplodinia. Westerling (1970) sah bei frei lebenden Rentieren aus Lappland eine Korrelation von sinkenden Entodiniumzahlen vom Sommer zum Winter bei abnehmendem Stärkegehalt im Futter, wobei die Zahl der Spezies nicht mit der Jahreszeit zu variieren schien. Und Pearson (1965) beobachtete einen durch *Entodinium* spp. bedingten saisonalen Anstieg der Protozoenzahl beim Weisswedelhirsch während der Vegetationsperiode. Bei auf Weiden gehaltenen, alaskischen Karibus wurde im Sommer eine dramatisch gesteigerte Epidiniumkonzentrationen beobachtet (Westerling 1970). In einer Studie von Deutsch et al. (1998) wurde die höchste Entodiniendichte zu Beginn der Vegetationsperiode (April) beobachtet, während die Zahlen im März und August absanken. Die zellulolytische Aktivität im Panseninhalt korrelierte signifikant mit der Zahl der Ziliaten.

Die höheren Zahlen von gewissen Diplodinia im Herbst bei Rentieren aus Lappland (Westerling 1970), passen zu der Beobachtung über die Fähigkeit dieser Gattung, Zellulose und andere Gerüstsubstanzen aufzunehmen und zu verdauen (Dogiel 1927; Hungate 1942, 1943). In einer Studie (Brüggemann et al. 1967) an Rothirschen und Rehen besaßen im Sommer nur 90 % der Tiere, im Herbst 80 % und im Winter 70 % Epidinia. Sowohl dieser Autor, als auch Drescher-Kaden (1981) führten den jahreszeitlichen Einfluss von Epidinium auf den Verzehr von komplexem, stärke-, chlorophyll- und proteinreichem Sommerfutter mit hohen Mengen leichtverdaulicher Kohlenhydrate zurück. Die sommerliche Äsung in Gebirgsregionen (gegenüber dem Voralpenraum) schien den Anteil der Epidinia zu begünstigen. Eine Erklärung hierfür wäre der - auf Kosten der Gräser - vermehrte Kräuteranteil, und damit verbunden ein Rohnährstoffmuster im Panseninhalt mit wesentlich höheren Rohprotein- und NfE-Gehalten und geringeren Rohfaserwerten (Drescher-Kaden 1981).

### 3.2.5 Weltweite Verteilung der Protozoen

Obgleich Protozoen prinzipiell bei Wiederkäuern ubiquitär vorhanden sind, scheint das Vorkommen bestimmter Protozoenarten und -gruppen unter anderem geographisch bedingt zu sein. In verschiedenen Teilen der Welt wurde von der Abwesenheit gewisser Protozoen bei Schaf- und Rinderherden berichtet. Zum Beispiel fanden Purser und Moir (1959b) in ihrer Studie an australischen Schafen keine Isotricha, und bei den Schafen aus North Ronaldsay in Schottland (Eadie 1957) wurden keine *I. intestinalis* beobachtet, dafür *Da. ruminantium* (Eadie 1962a, b), welche jedoch kaum bei ägyptischen Schafen gesehen wurden. Ophryoscolex kommt bei Schafen und Rindern in einigen Regionen Neuseelands vor (Oxford 1958; Clarke 1964), wurde aber nicht von Warner (1962) bei australischen Schafen gefunden. Polyplastron wurde bei Schafen aus Neuseeland nicht beobachtet (Clarke 1964). Dafür wurden bei ihnen Bütschlia und *Charon equi* gefunden, die üblicherweise nicht bei anderen Wiederkäuern nachgewiesen wurden (Clarke 1964). Bei ägyptischen Schafen wurde noch nie von *Epidinium* spp. berichtet (Abouakkada & El-Shazly 1964). Die Liste von geographischen Unterschieden in der Zusammensetzung der Pansenprotozoen liesse sich noch lange fortführen.

Eine Erklärung dafür wäre, dass die Spezies an irgendeinem Ort der Welt ihren Ursprung besitzen und von da aus durch den Kontakt der Tiere untereinander oder

---

auf indirektem Wege verteilt wurden. Lebte aber eine Population relativ isoliert, könnte es sein, dass deren Protozoen nicht weiter verbreitet wurden. Weiter wäre es denkbar, dass unterschiedliche Pflanzenarten verschiedene Ziliatenspezies gefördert haben.

### 3.2.6 Verteilung im Pansen

Domestizierte Wiederkäuer zeigen eine Schichtung des Panseninhaltes in eine flüssige, eine feste und eine gashaltige Phase (Übersicht in Hummel et al. 2009). Aufgrund dieser Teilung und des selektiven Retentionsmechanismus für Partikel könnte vermutet werden, dass die Protozoen sequestrieren und nicht an allen Stellen im Pansen in derselben Konzentration vorkommen. Es liegen nur wenige Studien vor, welche sich mit diesem Thema auseinandersetzen. Diese wurden zudem alle bei domestizierten Wiederkäuern durchgeführt, was keinen Schluss auf die Verhältnisse bei Wildwiederkäuern zulässt, von denen nicht alle einen geschichteten Panseninhalt besitzen. Wenn Unterschiede in den einzelnen Phasen gefunden würden, hätte dies einen Einfluss auf die Auswertung verschiedener Studien (bei denen in den meisten Fällen die exakte Herkunft der untersuchten Probe aus dem Panseninhalt nicht näher angegeben ist), und die Ergebnisse müssten unter Vorbehalt miteinander verglichen werden.

Im Bezug auf die Protozoenkonzentration liegen unterschiedliche Ergebnisse vor. So beobachtete Dehority (1984) bei Schafen und Rindern, dass sich die Ziliatenzahl pro Einheit Volumen zwischen der flüssigen und der festen Fraktion nicht signifikant unterschied. Purser und Moir (1959a) zeigten gleich grosse Protozoendichten am Boden und an der dorsalen Wand des Pansens von Schafen. In anderen Studien hingegen wurden Differenzen an verschiedenen Lokalisationen beobachtet. Towne und Nagaraja (1989) fanden bei Rindern im mittleren dorsalen Pansensack signifikant niedrigere Ziliatenkonzentrationen im Allgemeinen (und insbesondere von *M. lappus*) als im ventralen Sack oder dem Retikulum. Minor et al. (1977) zeigten bei Zeburindern, dass die Protozoen an den Boden sanken und dass die Zahlen der Proben, die direkt aus der Pansenflüssigkeit bestimmt wurden, um 25 % niedriger waren als diejenigen nach der Tötung, wenn der Panseninhalt gemischt wurde.

Bei der Untersuchung der Gattungs-Zusammensetzung der Fauna fiel Dehority (1984) auf, dass diese durch alle Prozesse, welche die feste von der flüssigen Phase trennt, beeinflusst wurde. Bei fistulierten Schafen wurde beobachtet, dass die Zahl von *Entodinium*, kleinen *Diplodinium* und *Dasytricha* spp. im Pansen und Retikulum etwa gleich war, während die Konzentrationen von *P. multivesiculatum*, *O. caudatus* und *Isotricha* spp. im Retikuluminhalt etwa 20 % bis 50 % geringer waren als im kaudalen Pansen (Michalowski et al. 1986).

Dehority (1984) zeigte an Schafen und Rindern, dass *Entodinium* spp. die einzigen Pansenprotozoen waren, deren Konzentration in der flüssigen Fraktion signifikant höher war als in der festen Fraktion, und dass für *Diplodinium* spp. und *Ophryoscolex* spp. genau das Gegenteil zutraf. Zudem zeigte sich eine Tendenz mit tieferen Werten von *Isotricha* spp. in der flüssigen Phase und *Dasytricha* spp. in der festen Phase. Eine rigidere Zellstruktur und eine geringere Motilität im Vergleich mit den Holotrichen, könnte die Sequestration der Entodiniomorphen mit dem fibrösen dorsalen Block während der Kontraktion erklären. Zusätzlich sind sie nur schwach sensitiv zur niedrigen Azidität im dorsalen Bereich, in welchem der pH am tiefsten war und mit höheren VFA-Konzentrationen korrelierte, während der pH anterior

---

durch den Einfluss des Speichels am höchsten war (Martin et al. 1999). Abe et al. (1986) hingegen berichteten von einer steigenden Dichte der Entodiniomorphen in der Pansenflüssigkeit vom vorderen Teil des dorsalen Pansenblindsacks über den Pansenboden zum kaudalen Pansenbereich.

Aufgrund dieser Ergebnisse kann vermutet werden, dass die Entnahmemethode sowohl auf die Protozoenzahl, als auch auf die Zusammensetzung der Population einen Einfluss ausübt. Diesem Umstand sollte bei der Durchführung zukünftiger Studien Rechnung getragen werden; eine Standardisierung der Probenahme wäre wünschenswert.

### **3.2.7 Retentionsmechanismen**

Der Panseninhalt wird zur weiteren Verdauung in das Retikulum und weiter ins Omasum und Abomasum transportiert, bis er schliesslich in den Dünndarm gelangt. Der Übertritt vom Pansen ins Omasum hängt von der Partikelgrösse ab, wobei grössere Partikel zunächst im Pansen zurückbehalten werden, während kleinere ausgeschwemmt werden. Lange Zeit wurde deshalb vermutet, dass Partikel von mikrobiellen Dimensionen mit derselben Rate aus dem Pansen entweichen wie die Flüssigkeit. Es gibt aber einige Beobachtungen, welche dieser Hypothese widersprechen. So verbleiben Protozoen bis zu vier Mal länger im Pansen als Bakterien (Eugène et al. 2004). Weller und Pilgrim (1974) zeigten, dass das Konzentrationsverhältnis von Protozoen zum Flüssigkeitsmarker Cr-EDTA im Ausfluss vom Omasakanal üblicherweise weniger als 20 % des Verhältnisses in der Pansenflüssigkeit ausmachte. Auch Michalowski et al. (1986) massen immer höhere Protozoenkonzentrationen im Pansensaft als im Ausfluss aus dem Omasum. Aus diesen Resultaten kann geschlossen werden, dass die Pansenprotozoen das Omasum nicht in der Masse verlassen, wie aufgrund ihrer Konzentration im Pansen vermutet werden könnte (Leng & Nolan 1984).

Um dieses Phänomen zu erklären, existieren prinzipiell zwei Möglichkeiten. Zum einen könnten die Protozoen selektiv retiniert werden, worauf die lange Halbwertszeit von grossen Protozoen im Vergleich mit der Halbwertszeit von flüssigen oder festen Pansendigesta hinweist (Leng & Nolan 1984), zum anderen könnte eine Lyse der Protozoen stattfinden. Die Faktoren, welche für die Konzentrationsunterschiede verantwortlich sind, sind noch nicht vollständig geklärt (Michalowski et al. 1986). Es steht hingegen fest, dass das Ausmass, in welchem die Protozoen selektiv im Pansen gehalten werden oder während der Passage durch das Omasum verschwinden, von den physikalischen Konditionen im Pansen und der Protozoenspezies abhängt.

Eine selektive Retention konnte in Versuchen, in denen sowohl die flüssige Phase als auch die Ziliaten selbst markiert und über Fisteln der Pansenaustritts beprobt wurde, nachgewiesen werden (Abe & Kumeno 1973; Weller & Pilgrim 1974; Harrison et al. 1979; Leng et al. 1981; Leng 1982). Diese ist für die meisten dieser Organismen überlebenswichtig, da deren Teilungsrate oft länger ist als die ermittelten Passageraten der flüssigen Phase aus dem Vormagen (Gutierrez 1955; Oxford 1958; Coleman 1960a; Clarke & Hungate 1966; Hungate 1966).

---

Diese Zurückhaltung kann auf zwei Arten geschehen: zum einen durch die Anheftung an Pflanzenpartikel, was bei Entodiniomorphen gezeigt wurde (Bauchop & Clarke 1976; 1978); zum anderen durch eine Sequestration an den Pansenboden (vgl. Kapitel 3.2.3), welche vor allem bei Tieren mit hohen Gaben von löslichen Zuckern und einer grossen Holotrichenzahl beobachtet wurde (Coleman 1979a; Abe et al. 1981; Dehority & Tirabasso 1989; Ankrah et al. 1990). Es wird aber nicht angenommen, dass Entodiniomorphe Sequester bilden (Hungate et al. 1971; Ankrah et al. 1990).

In einer Studie an Schafen war *Epidinium* die einzige Gattung, welche sich an Pflanzenfragmente anheftete, obwohl eine komplexe Protozoenfauna vorhanden war. Es wurde vermutet, dass dabei eine chemotaktische Antwort involviert war (Bauchop 1979). Grosse Zahlen von *Epidinium* wurden nur an Stellen beobachtet, an denen physikalische Schäden der Pflanzenfragmente gesehen wurden und viele Chloroplasten lagen, was mit den diätetischen Gewohnheiten von *Epidinium* übereinstimmt (Bauchop & Clarke 1976). In einer in vitro Untersuchung von Orpin und Letcher (1978) mit den Holotrichen *I. prostoma* und *I. intestinalis* kam es ebenfalls zu einer Anheftung an Pflanzenpartikel. Damit sich Holotriche jedoch anlagern, ist eine bisher nicht bekannte Komponente im Serum essentiell, denn eine Salzlösung stimulierte den Prozess nur in viel geringerem Masse. Gefütterte Holotriche mit grosser Polysaccharidreserve zeigten eine stark verminderte Assoziation mit Grasparkeln. Keine Anheftung trat auf, wenn die wasserlöslichen Komponenten des Blattgewebes entfernt wurden.

Die Holotrichen, welche eine vermeintlich längere Generationszeit besitzen, werden deutlicher im Pansen zurückgehalten (Leng et al. 1981; Leng & Nolan 1984), weshalb nur geringe Mengen davon aus dem Pansen in den unteren Verdauungstrakt abfliessen (Leng et al. 1986).

Falls bei der Passage durch das Omasum wirklich eine Lyse auftritt, ist diese bei kleinen Protozoenspezies grösser als bei Grossen. Die Konzentrationsdifferenz zwischen dem Panseninhalt und dem omasalen Ausfluss ist bei den kleinen Spezies deutlicher als bei den grösseren (Michalowski et al. 1986).

### **3.2.8 Einfluss der Fütterung auf die Protozoenpopulation**

Es ist bekannt, dass auch die Fütterung einen starken Einfluss auf die Fauna ausübt (Ferber 1928; Warner 1962; Hungate 1966). So spielen die Frequenz und die Menge, in der das Futter aufgenommen wird, der diurnale Pansenzyklus, die Futterpartikelgrösse, die Salzkonzentration und Futterzusatzstoffe wie Antibiotika eine wesentliche Rolle (Hungate 1966; Clarke & Hungate 1977; Coleman 1980; Williams 1986). An Hauswiederkäuern wurden schon zahlreiche Studien über den Einfluss der Fütterung durchgeführt. Die Resultate solcher Studien wurden am Ende der jeweiligen folgenden Kapitel in Tabellen zusammengefasst, wobei kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben wird. Im Gegensatz dazu wurden bei Wildwiederkäuern bis anhin nur wenige Fütterungsstudien veröffentlicht.

### 3.2.8.1 Futtermenge

Bereits im Jahre 1928 beobachtete Ferber bei gefasteten Tieren eine totale Vernichtung der Fauna innerhalb von vier bis sechs Tagen (Ferber 1928). Aufgrund dieser Beobachtung konnte bereits eine Auswirkung der Futtermenge auf die Protozoen vermutet werden. Jahre später zeigten andere Autoren, dass Futterentzug auch nur eine Reduktion der Protozoenzahl bewirken kann und nicht zwangsweise eine totale Vernichtung der Fauna herbeiführen muss (Warner 1962; Potter & Dehority 1973). Dieselben Beobachtungen ergaben sich bereits bei einer Fütterung unter dem Erhaltungsbedarf. So zeigten Grimaud et al. (1999) an zu gering gefütterten Zeburindern sinkende Protozoenzahlen, welche hauptsächlich durch den Abfall der Ophryoscolecidae bedingt waren. Die Unterschiede waren postprandial auffälliger als präprandial. Der Abfall der Protozoenkonzentration bei einer Verminderung oder Hemmung der Energiezufuhr könnte auf einem Energiemangel beruhen, der das Bakterienwachstum hemmt (Dehority & Orpin 1988); es wurde dahingehend gezeigt, dass die Menge sich teilender Protozoen bei einer gesteigerten Futteraufnahme zunimmt (Warner 1962). Die Befunde sind in Tab. 6 zusammengefasst. Aufgrund dieser Ergebnisse könnte erklärt werden, weshalb bei Untersuchungen im Schlachthof oft keine Protozoen im Pansen gefunden werden, da die Tiere vor der Tötung meist gehungert werden.

Im Gegensatz zu diesen Befunden an Rindern zeigten Schafe mit einer ad libitum Aufnahme von pelletiertem Futter eine verminderte bis fehlende Protozoenpopulation im Vergleich zu Tieren mit einer restriktiveren Fütterung. Dieses Phänomen könnte der gesteigerten Passagerate der Ingesta im Verdauungstrakt zugeschrieben werden, welche die vermehrte Futteraufnahme begleitet (Christiansen et al. 1964).

**Tab. 6: Einfluss der Futtermenge Wiederkäuern allgemein (Jouany 1978) und bei Schafen (restliche Studien) (Angaben zu unterschiedlichen Mengen von Kraftfuttern sind im Kapitel „Raufutter und Konzentrat aufgeführt)**

Fütterung	Gesamt	Ent	Dipl	Ep	Holo	Rest	Quelle
Grosse Futtermenge	↓						(Jouany 1978)
Red. Menge einer Ration	↑						(Christiansen et al. 1964)
Fasten	0						(Ferber 1928)
Fasten	↓						(Potter & Dehority 1973)
Fasten	↓						(Warner 1962)

Beachte: Um in der gesamten Dissertationsschrift eine Einheitlichkeit zu gewährleisten, sind alle Tabellen im Aufbau gleich gehalten. Dies bedingt unter Umständen, dass bei fehlenden Angaben ganze Spalten leer bleiben.

### 3.2.8.2 Fütterungsintervall

Anhand mehrerer Studien konnte gezeigt werden, dass sich auch die Anzahl der Mahlzeiten am Tag auf die Fauna auswirkt (Tab. 7). Die meisten Autoren fanden bei kürzeren Fütterungsintervallen höhere Ziliatenzahlen verglichen mit der einmal täglichen Futtergabe, wobei bis zu 30 % höhere Werte erreicht wurden (Warner 1966a; Abe et al. 1981). Beim Vergleich solcher Studien ist die Berücksichtigung der Beprobungszeitpunkte von Bedeutung. Tiere, welche nur einmal täglich fressen, nehmen in kurzer Zeit sehr viel Nahrung auf, was zu einem entsprechend grösseren Verdünnungseffekt führt, wobei das Muster der Variationen zwischen den Mahlzeiten aber gleich bleibt.

So wurden erhöhte Pansenprotozoenzahlen von Moir und Somers (1957) bei Schafen beobachtet mit vier anstelle einer täglichen Mahlzeit, und von Putnam et

---

al. (1961) bei zehnmal anstelle von zweimal täglich gefütterten Rindern. In einer Studie von Froetschel et al. (1990) wurden bei Rindern bei einer zwölfmal täglichen Fütterung die höheren Ziliatenzahlen erreicht als bei einer einmal täglichen Futtergabe, dasselbe wurde von Bragg et al. (1986) bei Holsteinkühen, die zwei- oder achtmal täglich gefüttert wurden, beobachtet.

Im Gegensatz zu diesen Studien beobachteten Kreikemeier et al. (1990) bei Rindern fünf- bis sechsmal höhere Protozoenzahlen wenn die Tiere zweimal gegenüber dreimal täglich gefüttert wurden.

Eine mögliche Erklärung der erhöhten Zahl bei mehrmaliger Fütterung wäre, dass die Protozoen während dem ganzen Tag in einem "Fütterungszustand" gehalten werden, was für die Tiere auf zwei Arten von Bedeutung ist. Zum einen kommt es so zu geringeren pH-Schwankungen, da die Protozoen die löslichen Zucker schnell entfernen und Substrate kontinuierlich zur Verfügung stehen; zum anderen sequestrieren die Protozoen weniger und verbleiben in der flüssigen Phase, weshalb sie vermehrt nachgewiesen werden können (Leng & Nolan 1984). Die täglichen Schwankungen bei einmal täglicher Fütterung könnte darauf hinweisen, dass die Protozoen desequestrieren als Antwort auf einen physiologischen Stimulus, ausgelöst durch die Fress- und Trinkaktivität. Aber auch die veränderte Flüssigkeits- und Partikelpassage könnten eine Rolle spielen (Weller & Pilgrim 1974).

Neben der Protozoenzahl war auch die Gattungs-Zusammensetzung von den unterschiedlichen Frequenzen betroffen. In der bereits oben erwähnten Studie von Kreikemeier et al. (1990) reduzierten sich alle Ziliatengattungen bei der häufigeren Fütterung gleichermassen. In einer Untersuchung von Dehority (1970) wurde die Ration bei Hammeln auf zwei Portionen aufgeteilt. Kurz nach der ersten Fütterung kam es zu einem Anstieg der totalen Holotrichenzahl, welche vor allem auf der Multiplikation von *Dasytricha* beruhte, während *Isotricha* für den Anstieg vier Stunden später, nach der zweiten Mahlzeit, verantwortlich war.

Aufgrund der Ergebnisse könnte geschlossen werden, dass die Wirkung auf die Protozoen umso positiver ausfällt, je kürzer die Abstände zwischen den Mahlzeiten gewählt werden. Allerdings lässt sich die Fütterungsfrequenz nicht beliebig verkürzen, da sich zu kurze Intervalle wieder negativ auf die Ziliatenzahl auswirken können; die Ziliatendichte ist am höchsten, wenn drei bis vier Mal pro Tag gefüttert wird, wodurch auch eine bessere Trockenmasseverdaulichkeit ermöglicht wird (Bonhomme 1990). Werden die Tiere jedoch stündlich gefüttert, kommt es zu einem quasi-permanenten Status in der Bereitstellung von Futter und einem kontinuierlichen Ausfluss von Endprodukten, und die durchschnittliche Ziliatenkonzentration wird nicht erhöht (Jouany 1978). Aussagen betreffend anderer Merkmale lassen sich aufgrund dieser Untersuchungen nicht verallgemeinern.

**Tab. 7: Einfluss der Fütterungsfrequenz auf die Protozoenfauna bei Rindern und Schafen**

Fütterung	Gesamt	Ent	Dipl	Ep	Holo	Rest	Quelle
<b>Rind</b>							
Fütterungsfrequenz erhöht (6x/d)	↑						(Abe et al. 1981)
Fütterungsfrequenz erhöht (8x/d)	↑						(Bragg et al. 1986)
Fütterungsfrequenz erhöht (12x/d)	↑						(Froetschel et al. 1990)
Fütterungsfrequenz erhöht (24x/d)	≈						(Jouany 1978)
Fütterungsfrequenz erhöht (3x/d)	↓	↓	↓	↓	↓	↓	(Kreikemeier et al. 1990)
Fütterungsfrequenz erhöht (10x/d)	↑						(Putnam et al. 1961)
<b>Schaf</b>							
Fütterungsfrequenz erhöht (2x/d)					↑		(Dehority 1970)
Fütterungsfrequenz erhöht (2x/d)	↑						(Michalowski & Muszynsky 1978)
Fütterungsfrequenz erhöht (4x/d)	↑						(Moir & Somers 1957)
Fütterungsfrequenz erhöht	↑						(Warner 1966c)

### 3.2.8.3 Physikalische Form der Ration

Dass auch die physikalische Form der Ration einen Einfluss auf die Protozoenpopulation besitzt, zeigten Christiansen et al. (1964) und Bonhomme (1990) (vgl. Tab. 8). So fanden sie hohe Protozoenzahlen bei Tieren, welche langes oder grobes Heu bekamen, tiefe Werte bei Tieren mit fein gemahlenem Futter (Bonhomme 1990) und ein totales Verschwinden bei der Verabreichung von pelletiertem Futter (Christiansen et al. 1964).

Für diese Beobachtungen gibt es zwei Erklärungsansätze: Erstens beeinflusst die physikalische Form der Ration das Mass der Kautätigkeit und damit der Speichelproduktion. Folglich kann davon ausgegangen werden, dass sich die Grösse der Futterpartikel und die Form, in welcher das Futter angeboten wird, auf die Ökologie des Pansens und somit auf die Pansenpopulation auswirken (Hungate 1966). Zweitens war die Passagerate der Ingesta bei den Tieren mit Pelletfutter höher und bei denen mit der Heudiät niedriger. Dies lässt vermuten, dass die physikalische Form der Ration die Passagerate beeinflusst, welche ihrerseits negativ mit der Protozoenzahl korreliert (Blaxter & Graham 1956; Christiansen et al. 1964). Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass grössere Partikel in der Ration die Zahl der Pansenprotozoen positiv beeinflussen.

**Tab. 8: Einfluss der physikalischen Form der Futterration auf die Protozoenfauna bei Wiederkäuern**

Fütterung	Gesamt	Ent	Dipl	Ep	Holo	Rest	Quelle
<b>Wiederkäuer</b>							
Futter mit grösseren Partikeln	↑						(Bonhomme 1990)
Intensiver gemahlenes Futter	↓						(Bonhomme 1990)
<b>Schaf</b>							
Heu gemahlen statt pelletiert	↑						(Christiansen et al. 1964)
Wechsel zu Pelletdiät (gem)	↓ bis 0						(Christiansen et al. 1964)

#### 3.2.8.4 Verabreichungsart

Der Kauvorgang scheint einen wichtigen Einfluss in Bezug auf die Ziliatenzahl und deren Zusammensetzung zu besitzen, da er einerseits das Futter zerkleinert, wodurch eine grössere Angriffsfläche für Mikroorganismen entsteht, und andererseits die Speichelproduktion stimuliert. So wurde vermutet, dass sich diese Merkmale auch verändern, wenn das Futter unter Umgehung der Maulhöhle direkt in den Pansen eingegeben wird, was in der Studie von Odenyo et al. (1997) gezeigt werden konnte (Tab. 9).

**Tab. 9: Einfluss der Verabreichungsart des Futters auf die Protozoenfauna bei Schafen**

Fütterung	Gesamt	Ent	Dipl	Ep	Holo	Rest	Quelle
Stärke, Glukose, Casein intraruminal	↓						(Potter & Dehority 1973)
Futter direkt in Pansen eingegeben	↓						(Odenyo et al. 1997)

#### 3.2.8.5 Rauhfutter und Konzentrat

Dem Zusammenhang zwischen der Protozoenpopulation im Pansen und dem Anteil von Konzentrat in der Nahrung haben sich viele Wissenschaftler gewidmet. Aufgrund der Fülle an Untersuchungen und den verschiedenen Versuchsansätzen werden die Ergebnisse zuerst kurz zusammengefasst und die einzelnen Studien anschliessend nach Tierarten getrennt in chronologischer Reihenfolge aufgelistet.

Rauh- bzw. Grobfutter werden langsamer verdaut als Konzentratfutter (Johnson 1976) und tendieren dazu, eine geringere Ziliatenkonzentration mit einer hohen Populationsdiversität zu unterstützen (Hungate 1966; Eadie et al. 1970; Slyter et al. 1970; Giesecke & Van Gylswyk 1975; Sedloev et al. 1976; Lyle et al. 1981a; Whitelaw et al. 1984; Dehority & Orpin 1997).

Stärkereiche Konzentrate wie Weizen, Mais und Hirse hingegen bieten für Mikroorganismen eine Quelle von leicht fermentierbaren Kohlenhydraten (Mackie et al. 1978), so dass die Zahl der Protozoen im Panseninhalt generell mit der Zugabe von Konzentrat steigt (Hungate 1966; Grubb & Dehority 1975; 1988b; Varel & Dehority 1989; Towne et al. 1990a, b; Franzolin & Dehority 1996). Folglich wurden auf Diäten mit einer hohen Verdaulichkeit die grössten Ziliatenpopulationen gemessen (Williams 1986), was in zahlreichen Studien bestätigt wurde (Tab. 10).

Überschreitet der Anteil der leichtverdaulichen Substanzen in der Ration jedoch einen gewissen Schwellenwert, kommt es zu einer Azidose, die – je nach Fütterung – akut oder subklinisch ablaufen kann. Dieser Prozess ist charakterisiert durch ein schnelles Wachstum von laktatsäureproduzierenden Bakterien, wie *Streptokokkus bovis*, begleitet von einer Laktatansammlung in solchen Mengen, dass der pH auf 5.5 und tiefer abfällt (Hungate 1955; Krogh 1961; Mann 1970). Die Zahl der Ziliaten sinkt dann stark ab (Slyter et al. 1965; Hungate 1966) bis hin zu einer totalen Defaunierung (Eadie 1967; Latham et al. 1971; Vance et al. 1972; Abe et al. 1973; Mackie et al. 1978; Lyle et al. 1981a; Dehority & Orpin 1997; Marcin & Südekum 2009). In weniger extremen Fällen sind *Entodinium* spp. und *Isotricha* spp. die letzten Protozoen, welche verschwinden (Eadie 1962b), wobei die kleinen Entodinia die resistentesten sind (Abou Akkada et al. 1959).

Bei einer langsamen Umstellung auf eine konzentratfutterreiche Ration kam es zu keinem Abfall der Population, was auf eine gute Anpassung der Mikroorganismen hinweist (Eadie et al. 1970).



---

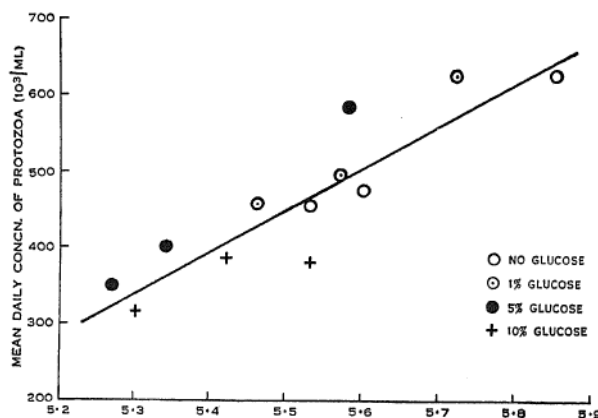
Alle Entodiniomorphen, mit Ausnahme einiger kleiner Spezies von *Entodinium*, benützen Stärke, während die Holotrichen lösliche Zucker verwenden (Hungate 1966) und diese in Speicherpolsaccharide umwandeln, welche in Zeiten, in denen lösliche Zucker fehlen, verwendet werden können (Stern et al. 1977a). Aufgrund dieser Beobachtungen sind Entodiniomorphe normalerweise reichlich im Pansen von Wiederkäuern mit einer konzentratreichen Fütterung enthalten (Warner 1965; Hungate 1966), während die Holotrichen lösliche Kohlenhydrate viel schneller verwerten als die Entodiniomorphen (Heald & Oxford 1953) und daher höchste Zahlen bei Grünfütter oder anderem Futter, das reich an löslichen Kohlenhydraten ist, erreichen (Warner 1965; Hungate 1966; Valdez et al. 1977; Williams 1986). Bei der Verfütterung einer sehr grossen Menge Stärke ist *Entodinia* oft die einzige Gattung, welche noch im Pansen zu finden ist (Hungate 1966; Michalowski 1975; Dehority 1978; Dehority & Mattos 1978; Towne et al. 1988b; 1990; Franzolin & Dehority 1996; Hristov et al. 2001). Im Gegensatz dazu fanden Nagaraja und Towne (1990) bei einer getreidereichen Endmastration keine *Entodinium* oder nur eine sehr geringe Zahl, so dass die Population durch andere Gattungen dominiert wurde.

Die Anteile der übrigen Gattungen variierten von Studie zu Studie. *O. caudatus* ist eines der grossen Ziliaten, welches in grosser Zahl auftritt, wenn den Tieren stärkereiche Futter (Williams et al. 1961) oder frische Luzerne (Mah 1962) angeboten werden. Der Anteil Ziliaten, die zu den Diplodiniinae gehören, wird durch eine faserreiche Ration erhöht (Hungate 1966). *Epidinium* erscheint gehäuft bei Tieren, die frischen Rotklee fressen (Oxford 1958). *Eudiplodinium*, *Diplodinium*, *Metadinium*, *Ophryoscolex*, *Ostracodinium* spp. und *Dasytricha* spp. wurden nur bei einer Ration mit mittlerem, nicht aber bei einer mit hohem Gerstenanteil gefunden (Lyle et al. 1981b).

Es konnte beobachtet werden, dass einige Gattungen resistenter gegenüber einem erniedrigten pH zu sein scheinen. Dazu zählen *Isotricha*, *Dasytricha*, *Entodinium*, und *Ophryoscolex*. Hingegen scheinen *Epidinium*, *Charonina*, *Diplodinium*, *Eudiplodinium* und *Ostracodinium* sensibler zu sein. *Dasytricha* fielen nach einem kurzen Anstieg, bei der getreideadaptierten Diät schneller ab. *Diplodinium* erreichte höhere Werte bei der heuadaptierten Diät, sank aber mit der Zeit in beiden Gruppen ab. Initial waren die Konzentrationen von *Ostracodinium* bei der Heudiät höher. Nach 72 Stunden verschwanden diese Protozoen aber bei den Tieren dieser Gruppe. *Charonina* und *Ostracodinium* verschwanden bei den Tieren mit Heufütterung, *Charonina*, *Diplodinium*, *Metadinium*, *Polyplastron* und *Ophryoscolex* bei denen mit Getreidefütterung. (Nagaraja & Towne 1990; Goad et al. 1998)

Die Veränderungen der Ziliatenpopulation waren bei der akuten und der subakuten Azidose sehr ähnlich, ausser dass *Metadinium* und *Polyplastron* eine akute Azidose überlebten, eine subakute hingegen nicht. Die Entodiniomorphen sind während einer subakuten Azidose vermutlich von wesentlicher Bedeutung, aufgrund ihrer Fähigkeit Stärke aufzunehmen und sie so vor einer bakteriellen Fermentation zu schützen. Die aufgenommene Stärke wird dann in vergleichbar langsamer Geschwindigkeit in VFA, anstatt in Laktat, umgewandelt (Abou Akkada & Howard 1960). Deshalb kam es bei einer akuten Azidose zu einem Anstieg der Laktatkonzentration im Pansen, bei einer subakuten Azidose hingegen blieb ein Anstieg der Laktose aus, dafür erhöhte sich die VFA-Konzentration.

Das Absinken der Protozoenzahlen bei azidotischen Futterrationen deutet darauf hin, dass die Protozoenzahl auch vom pH im Pansen abhängt. Tatsächlich demonstrierten Purser und Moir über einen pH-Bereich im Pansen von 5.2-5.9 einen deutlichen positiven Zusammenhang zwischen dem pH und der Protozoenkonzentration im Pansensaft (Abb. 2). Ähnliche Resultate wurden auch von anderen Autoren beschrieben (Bryant et al. 1961; Latham et al. 1971; Vance et al. 1972; Abe et al. 1973; Mackie et al. 1978; Lyle et al. 1981a; Dehority & Orpin 1997). Towne et al. (1990b) fanden allerdings bei Rindern mit verschiedenen Fütterungen keine Korrelation zwischen dem Pansen-pH und der Protozoenzahl.



**Abb. 2: Regression des minimalen Pansen-pH-Wertes bezogen auf die durchschnittliche Protozoenkonzentration an einem Tag (Purser & Moir 1959b)**

Der Anstieg der Konzentration der Entodiniumspezies bei einem tiefen pH führte Towne et al. (1988b) zum Schluss, dass diese säuretolanter sind als andere Ziliatengattungen. Dies stimmt auch mit der Beobachtung überein, dass sich Entodinium bei jungen Lämmern und Kälbern mit einem relativ niedrigen Pansen-pH als erste Gattung etabliert (Eadie 1962b; Eadie et al. 1967). Zwei Jahre später aber beobachteten Towne et al. (1990b), dass die Entodiniumspezies bei einem tiefen pH nicht immer dominieren und auch andere Protozoengattungen in Tieren mit hoher Konzentrataufnahme überleben können.

Dehority (2005) fand in einer in-vitro-Studie heraus, dass bei einem pH-Abfall die Konzentration von *Ep. caudatum*, *E. exiguum*, *E. caudatum* und *O. purkynjei* absinken und bei einem pH von 5.4 ganz verschwinden. Bei *O. purkynjei* kam es zwischen einem pH von 5.8 und 5.5 zu einem Anstieg der Konzentration. Es wurde auch gezeigt, dass *E. caudatum* keine Säuretoleranz entwickeln kann, wenn sie tiefen pH-Werten ausgesetzt werden. Es wurde also vermutet, dass - wenn der Pansen-pH über längere Zeit unter 5.4 bleibt - eine Defaunation stattfindet. Dies stimmt mit Beobachtungen in einem in vitro System überein, in welchem die Protozoen nicht ausserhalb eines pH-Bereiches von 5.5 bis 8.0 überleben konnten (Quinn et al. 1962). Wenn die Entodinien aber nicht säureresistenter sind als die übrigen Pansenziliaten, ist es schwierig, die dominierende Rolle von Entodinium-Arten in der Ziliatenfauna bei Konzentratfütterung mit dem pH zu erklären.

Aufgrund der Antwort der Ziliaten auf ein Futter aus Konzentrat und Rauhfutter in verschiedenen Rationen teilte Oshio (1987) diese in drei Gruppen ein. Die erste Gruppe, welche beinahe konstant bleiben oder ansteigen bei einem steigenden Heuanteil über 55 %, besteht aus *Charonina* sp., *Eodinium polygonale*, *Da.*

---

*ruminantium* und *Ostracodinium* sp. Die zweite Gruppe hat ihr Maximum bei einem Verhältnis von 1:1 und enthält *Eremoplastron* sp., *Eu. maggii*, *Di. anisacanthum* und *Eodinium posterovesiculatum*. Die dritte Gruppe zeigt eine Tendenz, sogar bei Hochkonzentratdiäten zu überleben und beinhaltet *Entodinium* sp., *Isotricha* sp. und *Ep. ecaudatum*.

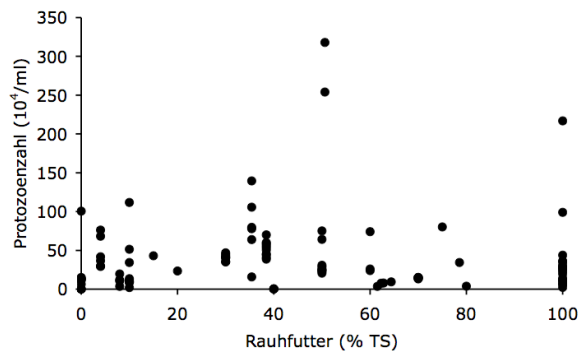
#### 3.2.8.5.1 Auswertung von Untersuchungen bei Rindern

Verschiedene Studien mit Rindern zum Einfluss von Konzentratfutter auf die Pansenprotozoen sind in Tab. 10 zusammengefasst. Insgesamt ergibt sich das beschriebene Bild: Ein steigender Konzentratgehalt in der Nahrung führt bis zu einem gewissen Punkt zu einer erhöhten Protozoenkonzentration. Allerdings lässt sich diese Aussage nicht anhand von Auswertungen von gesammelten Literaturangaben nachvollziehen – weder, wenn die Ration durch den Anteil Rauhfutter (Abb. 3a), noch durch den Gehalt an Faserbestandteilen (gemessen als NDF, Abb. 4a) charakterisiert wird. Dafür sind vermutlich die methodischen Unterschiede zwischen den verschiedenen Studien verantwortlich, und möglicherweise die geringe Anzahl an Studien, in denen der Fasergehalt der verwendeten Ration bestimmt wurde. Hingegen lässt sich die aus Tab. 10 abgeleitete Regel, dass ein steigender Anteil an Rauhfutter zu einem abnehmenden Entodiniumanteil an der Protozoenpopulation führt, auch anhand einer quantitativen Auswertung von mehreren Studien nachvollziehen (Abb. 3b, 4b); parallel dazu sinkt auch der Anteil an Epidinien (Abb. 3c, 4c). Mit steigendem Rauhfutteranteil stieg dabei der Anteil der Diplodinien (Abb. 3d, 4d), der Holotrichen (Abb. 3e, 4e) und der „restlichen Protozoen“ (Abb. 3f). Allerdings gilt zu beachten, dass sich die statistische Signifikanz dieser Zusammenhänge oft aus der Tatsache ergibt, dass auf reinen Rauhfutter-Rationen hohe Konzentrationen bestimmter Protozoen gefunden wurden (in anderen Studien aber auch niedrige).

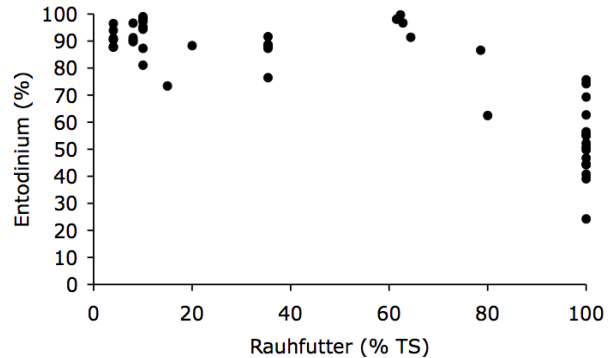
Entsprechend sind die Anteile von Entodinien und Epidinien positiv miteinander korreliert (Abb. 5a) und die von Entodinien mit jeweils Diplodinien (Abb. 5b), Holotrichen (Abb. 5c) und „restlichen Protozoen“ (Abb. 5d) negativ. Der Anteil der Epidinien ist ebenfalls negativ mit dem der Diplodinien korreliert (Abb. 5e), während der Anteil der Diplodinien mit jeweils dem der Holotrichen (Abb. 5f) und dem der „restlichen Protozoen“ (Abb. 5g) positiv korreliert ist. Ebenso ist der Anteil der Holotrichen mit dem der „restlichen Protozoen“ positiv korreliert (Abb. 5h).

Wird der Anteil an Konzentratfutter in der Ration zu hoch, kippt das System und es kommt zu reduzierten Ziliatenzahlen, bis hin zu einer Defaunation.

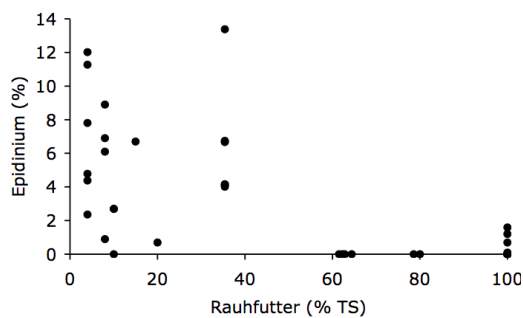
Bei Rindern ergab die Fütterung mit Konzentrat eine höhere totale Protozoenkonzentration als bei alleiniger Grünfütterung. Ob nun aber 100 % oder 90 % Konzentrat gefüttert wurde resultierte in keinem signifikanten Unterschied in der Protozoenkonzentration, auch wenn die Gesamtkonzentration numerisch bei 90 % Konzentratfutter (also 10 % Rauhfutter) höher war (Franzolin & Dehority 1996).



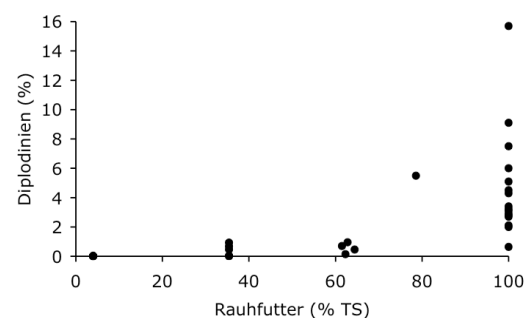
**Abb. 3a:** Zusammenhang zwischen dem Gehalt an Rauhfutter in der Nahrung (% Trockensubstanz) und der gesamten Protozoenzahl im Pansen ( $10^4/\text{ml}$ ) bei Rindern (Quellen s. Appendix 1; Spearman's Correlation Coefficient[SCC] = 0.019,  $p=0.846$ ,  $n=106$ )



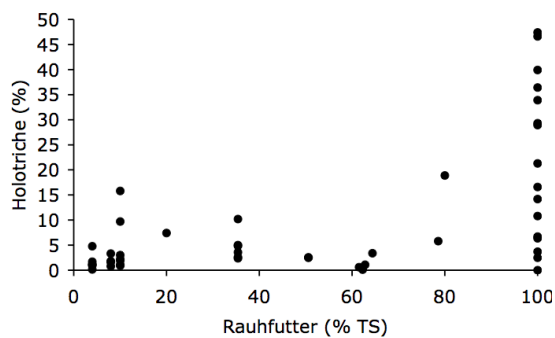
**Abb. 3b:** Zusammenhang zwischen dem Gehalt an Rauhfutter in der Nahrung (% Trockensubstanz) und des Anteils an Entodiniinen (% der Gesamtpopulation) bei Rindern (Quellen s. Appendix 1; SCC=-0.716,  $p<0.0001$ ,  $n=47$ )



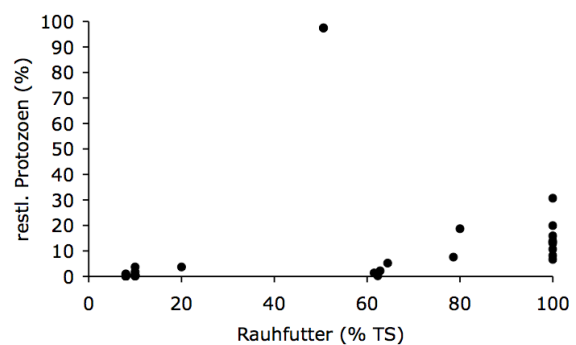
**Abb. 3c:** Zusammenhang zwischen dem Gehalt an Rauhfutter in der Nahrung (% Trockensubstanz) und des Anteils an Epididiniinen (% der Gesamtpopulation) bei Rindern (Quellen s. Appendix 1; SCC=-0.747,  $p<0.0001$ ,  $n=43$ )



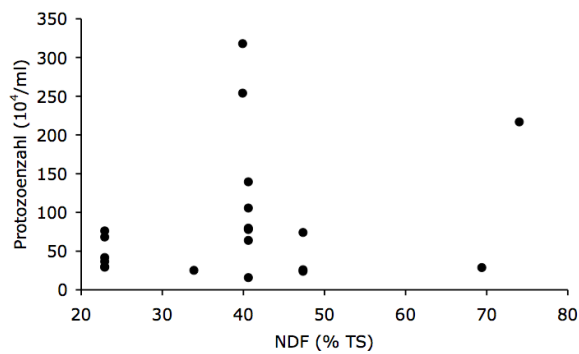
**Abb. 3d:** Zusammenhang zwischen dem Gehalt an Rauhfutter in der Nahrung (% Trockensubstanz) und des Anteils an Diplodiniinen (% der Gesamtpopulation) bei Rindern (Quellen s. Appendix 1; SCC=0.851,  $p<0.0001$ ,  $n=32$ )



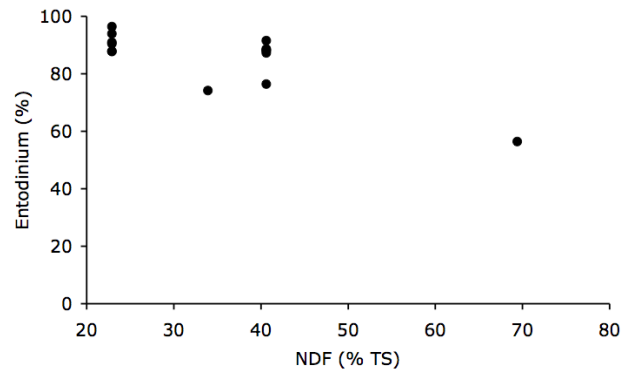
**Abb. 3e:** Zusammenhang zwischen dem Gehalt an Rauhfutter in der Nahrung (% Trockensubstanz) und des Anteils an Holotrichen (% der Gesamtpopulation) bei Rindern (Quellen s. Appendix 1; SCC=0.610,  $p<0.0001$ ,  $n=48$ )



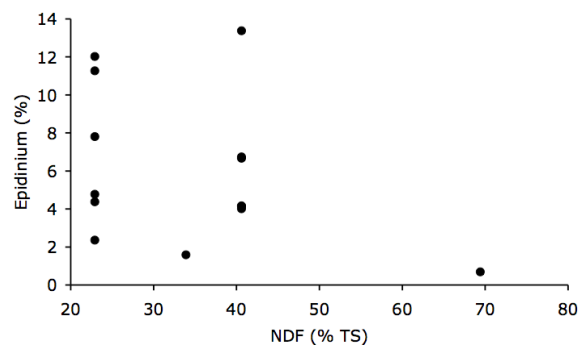
**Abb. 3f:** Zusammenhang zwischen dem Gehalt an Rauhfutter in der Nahrung (% Trockensubstanz) und des Anteils an „restlichen Protozoen“ (% der Gesamtpopulation) bei Rindern (Quellen s. Appendix 1; SCC=0.742,  $p<0.0001$ ,  $n=29$ )



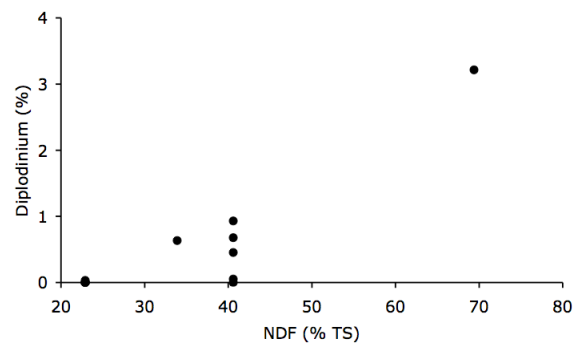
**Abb. 4a:** Zusammenhang zwischen dem Gehalt an NDF (% Trockensubstanz) und der gesamten Protozoenzahl im Pansen (10<sup>4</sup>/ml) bei Rindern (Quellen s. Appendix 1; SCC=0.015, p=0.948, n=20)



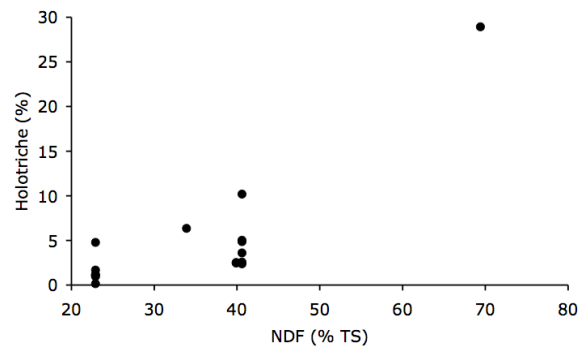
**Abb. 4b:** Zusammenhang zwischen dem Gehalt an NDF (% Trockensubstanz) und des Anteils an Entodiniinen (% der Gesamtpopulation) bei Rindern (Quellen s. Appendix 1; SCC=-0.485, p=0.079, n=14)



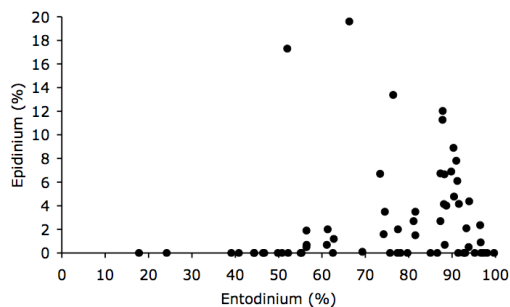
**Abb. 4c:** Zusammenhang zwischen dem Gehalt an NDF (% Trockensubstanz) und des Anteils an Epidiniinen (% der Gesamtpopulation) bei Rindern (Quellen s. Appendix 1; SCC=-0.318, p=0.268, n=14)



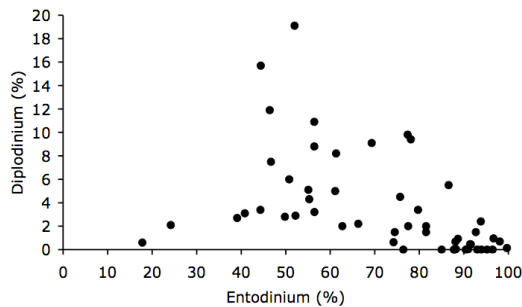
**Abb. 4d:** Zusammenhang zwischen dem Gehalt an NDF (% Trockensubstanz) und des Anteils an Diplodiniinen (% der Gesamtpopulation) bei Rindern (Quellen s. Appendix 1; SCC=0.770, p=0.002, n=13)



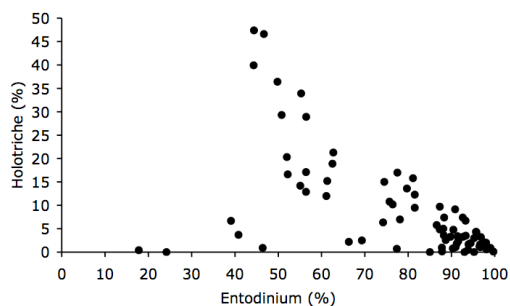
**Abb. 4e:** Zusammenhang zwischen dem Gehalt an NDF (% Trockensubstanz) und des Anteils an Holotrichen (% der Gesamtpopulation) bei Rindern (Quellen s. Appendix 1; SCC=0.712, p=0.002, n=16)



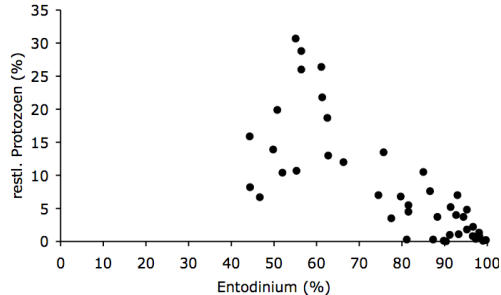
**Abb. 5a:** Zusammenhang zwischen dem Anteil an Entodiniern und Epidinien in der Protozoenpopulation bei Rindern (Quellen s. Appendix 1;  $SCC=0.250$ ,  $p=0.047$ ,  $n=64$ )



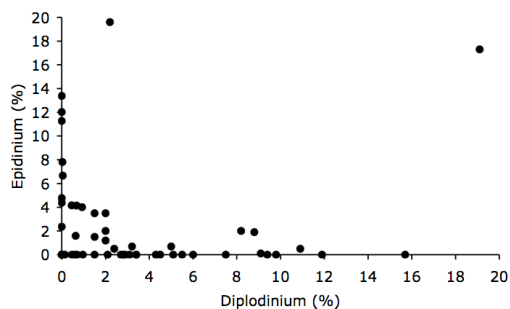
**Abb. 5b:** Zusammenhang zwischen dem Anteil an Entodiniern und Diplodiniern in der Protozoenpopulation bei Rindern (Quellen s. Appendix 1;  $SCC=-0.647$ ,  $p<0.0001$ ,  $n=52$ )



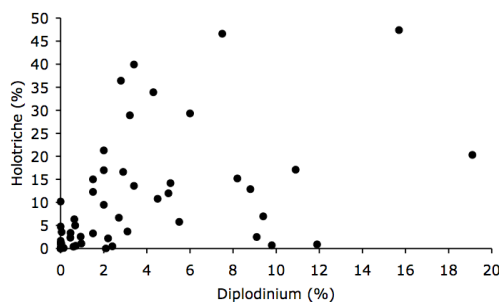
**Abb. 5c:** Zusammenhang zwischen dem Anteil an Entodiniern und Holotrichen in der Protozoenpopulation bei Rindern (Quellen s. Appendix 1;  $SCC=-0.567$ ,  $p<0.0001$ ,  $n=74$ )



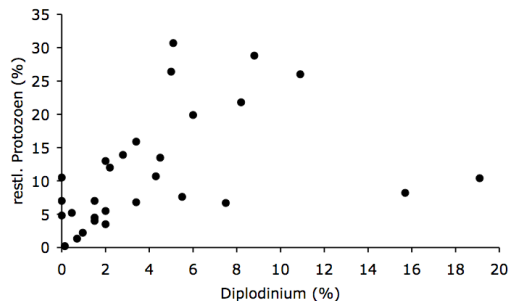
**Abb. 5d:** Zusammenhang zwischen dem Anteil an Entodiniern und der „restlichen Protozoen“ in der Protozoenpopulation bei Rindern (Quellen s. Appendix 1;  $SCC=-0.780$ ,  $p<0.0001$ ,  $n=43$ )



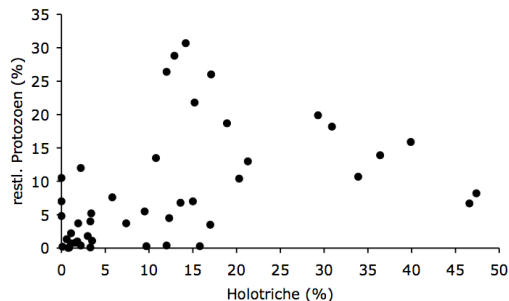
**Abb. 5e:** Zusammenhang zwischen dem Anteil an Diplodiniern und Epidinien in der Protozoenpopulation bei Rindern (Quellen s. Appendix 1;  $SCC=-0.348$ ,  $p=0.011$ ,  $n=52$ )



**Abb. 5f:** Zusammenhang zwischen dem Anteil an Diplodiniern und Holotrichen in der Protozoenpopulation bei Rindern (Quellen s. Appendix 1;  $SCC=0.574$ ,  $p<0.0001$ ,  $n=52$ )



**Abb. 5g:** Zusammenhang zwischen dem Anteil an Diplodiniern und der „restlichen Protozoen“ in der Protozoenpopulation bei Rindern (Quellen s. Appendix 1;  $SCC=0.642$ ,  $p<0.0001$ ,  $n=29$ )



**Abb. 5h:** Zusammenhang zwischen dem Anteil an Holotrichen und der „restlichen Protozoen“ in der Protozoenpopulation bei Rindern (Quellen s. Appendix 1;  $SCC=0.402$ ,  $p=0.004$ ,  $n=49$ )

Die Protozoenkonzentration schien aber nicht allein vom Konzentratgehalt, sondern auch von der zugefütterten Getreideart abzuhängen. So zeigten Slyter et al. (1970) an Rindern, dass die Verabreichung von Weizen zu einer geringeren Ziliatenzahl führte als Mais oder Gerste.

Es bleibt anzumerken, dass Tendenzen innerhalb der einzelnen Versuche darstellbar waren, und dass diese qualitativ zwischen den verschiedenen Studien vergleichbar waren. Eine quantitative Auswertung mehrerer Untersuchungen in einer gemeinsamen Datensammlung erscheint hingegen, auf die Gesamtzahl der Protozoen bezogen, wenig aussagekräftig, was (in Abwesenheit von Nährstoff-Angaben) auf schwer abschätzbare Unterschiede zwischen den Versuchsrationen und vermutlich auch auf geographische sowie saisonale und versuchstechnisch bedingte Unterschiede zwischen den Studien zurückzuführen sein dürfte. Die Muster bezüglich des Anteils der verschiedenen Protozoen-Gruppen sind hingegen eindrucklich.

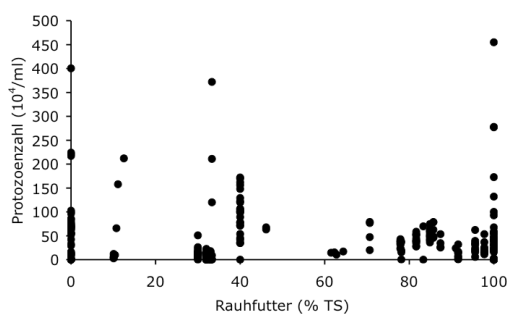
**Tab.10: Einfluss von Konzentratfütterung auf die Protozoenfauna bei Rindern\***

Fütterung	Gesamt	Ent	Dipl	Ep	Holo	Rest	Quelle
Von hoch-zu minderwertigem Heu	↓				↓		(O'Kelly & Spiers 1990)
Minderwertiges Heu + SUS	↑				↓		(O'Kelly & Spiers 1990)
Wechsel von Heu, Haylage zu Getreidesilage	↑				↓		(Ivan et al. 2000)
Zusatz von Konz. zu Rau.-Diät		↑			↑		(Abe et al. 1973)
Zusatz von Konz. zu Rau.-Diät (lösliche Kohlenhydrate)		↑			↑		(Clarke 1964)
Zusatz von Konz. zu Rau.-Diät	↑	↑					(Dehority & Mattos 1978)
Zusatz von Konz. zu Rau.-Diät (Getreidemischung)	↑						(Hungate 1966)
Zusatz von Konz. zu Rau.-Diät (Mais)	↑	↓	↑	↑	↓		(Varel & Dehority 1989)
Erhöhung des Konz.-Anteils (70 %) (Getreide, Dextrose)	↑	↑	↑	≈	1.↑, 2.↓	↑	(Dennis et al. 1983)
Erhöhung des Konz.-Anteils (85 %) (Getreide)	↑						(Towne et al. 1990b, a)
Konzentratreiche Diät (Kraftfutter)	↑	↑					(Ito et al. 1994)
Konzentratreiche Diät (75 %) (Mais)	↑	↑	↓				(Franzolin & Dehority 1996)
Konzentratreiche Diät	↑				↑		(Hungate 1966)
Wechsel zu reiner Konz.-Diät, rest (Gerste)	↑				↑		(Eadie et al. 1970)
Wechsel zu reiner Konz.-Diät, rest (Getreide)	↑						(Lyle et al. 1981b)
Wechsel zu reiner Konz.-Diät, rest (Weizen, Mais)	↑						(Slyter et al. 1970)
Wechsel zu reiner Konz.-Diät, rest (Gerste)	↑						(Whitelaw et al. 1984)
Subakute Pansenazidose (100 % Getreide)	1.↑, 2.↓						(Nagaraja & Towne 1990)
Erhöhung des Konz.-Anteils (95 %) (Gerste)	↓	↓	0		↓	0	(Hristov et al. 2001)
Erhöhung des Konz.-Anteils (Mais)	↓	↑			↓		(Oltjen et al. 1966)
Konzentratreiche Diät (viele verfügbare Kohlenhydrate)	↓						(Boodoo et al. 1978)
Konzentratreiche Diät (97 %) (Getreide)	↓	↑					(Vance et al. 1972)

Konzentratreiche Diät (lösliche Zucker)					↓		(Hungate 1966)
Konzentratreiche Diät (Stärke)	↓						(Hungate 1966)
Konzentratreiche Diät (lösliche Kohlenhydrate)					↑		(Hungate 1966)
Konzentratreiche Diät (lösliche Kohlenhydrate)	↓						(Valdez et al. 1977)
Wechsel zu fast reiner Konz.-Diät (100 %) (Getreide, Kleie)	↓						(Abe et al. 1973)
Wechsel zu reiner Konz.-Diät	↓						(Hungate 1966)
Akute Pansenazidose (ruminal Stärke)	↓		↓	0		↓	(Nagaraja & Towne 1990)
Wechsel zu reiner Konz.-Diät, ad lib (Gerste)	0						(Eadie et al. 1970)
Wechsel zu reiner Konz.-Diät, ad lib (Mais)	0	↑	↓	↓			(Lyle et al. 1981b)
Wechsel zu reiner Konz.-Diät, ad lib (Weizen, Mais)	0						(Slyter et al. 1970)
Wechsel zu reiner Konz.-Diät, ad lib (Gerste)	0						(Whitelaw et al. 1984)
Überfütterung mit schnell fermentierbaren Kohlenhydraten	0						(Mann 1970)

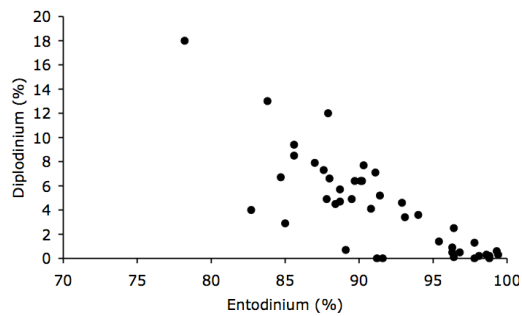
\*eine Erklärung der in den Tabellen verwendeten Abkürzungen findet sich im Abkürzungsverzeichnis

Ähnliche Muster wie bei Rindern wurden auch bei anderen Wiederkäuer-Arten gefunden (Tab. 11-14). Beim Hausschaf ergab sich beim Vergleich verschiedener Studien miteinander ein schwacher, trotz grosser Streuung der Datenpunkte signifikanter Anstieg der Protozoenzahl mit steigendem Rohfutteranteil in der Ration (Abb. 6). Auch beim Hausschaf ergaben sich negative Korrelationen zwischen dem Anteil der Entodinen und jeweils dem der Diplodinen (Abb. 7a), der Holotrichen (Abb. 7b) sowie dem der „restlichen Protozoen“ (Abb. 7c). Der Anteil der Diplodinen korrelierte positiv mit dem der Holotrichen (Abb. 7d) und dem der „restlichen Protozoen“ (Abb. 7e).

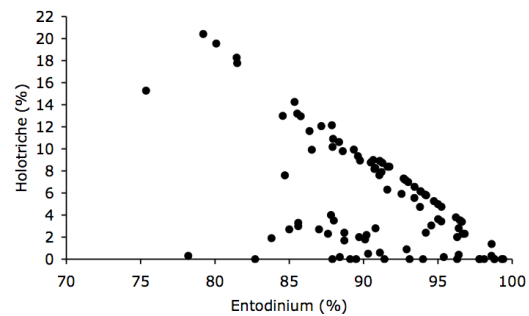


**Abb. 6: Zusammenhang zwischen dem Gehalt an Rohfutter in der Nahrung (% Trockensubstanz) und der gesamten Protozoenzahl im Pansen ( $10^4/\text{ml}$ ) bei Schafen (Quellen s. Appendix 1;  $\text{SCC}=0.146$ ,  $p=0.013$ ,  $n=291$ )**

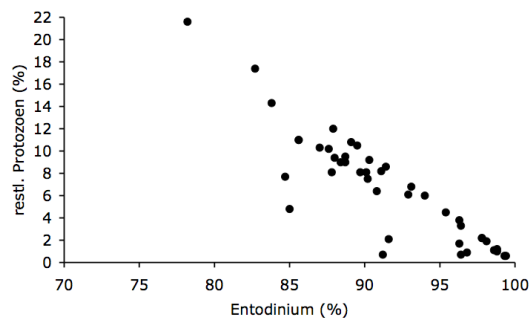




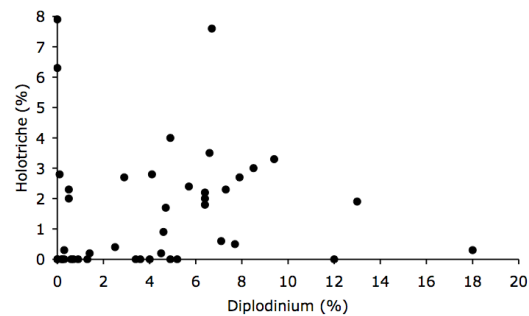
**Abb. 7a:** Zusammenhang zwischen dem Anteil an Entodiniien und Diplodiniien in der Protozoenpopulation bei Schafen (Quellen s. Appendix 1;  $SCC=-0.779$ ,  $p<0.0001$ ,  $n=43$ )



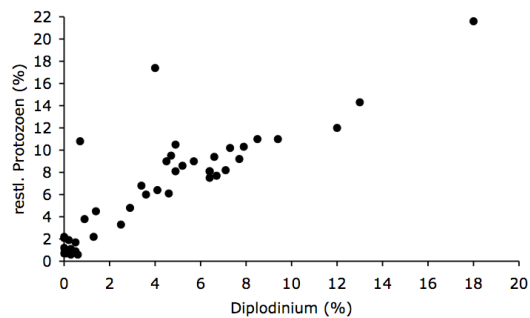
**Abb. 7b:** Zusammenhang zwischen dem Anteil an Entodiniien und Holotrichen in der Protozoenpopulation bei Schafen (Quellen s. Appendix 1;  $SCC=-0.488$ ,  $p<0.0001$ ,  $n=96$ )



**Abb. 7c:** Zusammenhang zwischen dem Anteil an Entodiniien und „restlichen Protozoen“ in der Protozoenpopulation bei Schafen (Quellen s. Appendix 1;  $SCC=-0.862$ ,  $p<0.0001$ ,  $n=43$ )



**Abb. 7d:** Zusammenhang zwischen dem Anteil an Diplodiniien und Holotrichen in der Protozoenpopulation bei Schafen (Quellen s. Appendix 1;  $SCC=0.270$ ,  $p=0.080$ ,  $n=43$ )



**Abb. 7e:** Zusammenhang zwischen dem Anteil an Diplodiniien und „restlichen Protozoen“ in der Protozoenpopulation bei Schafen (Quellen s. Appendix 1;  $SCC=0.843$ ,  $p<0.0001$ ,  $n=43$ )

**Tab. 11: Einfluss von Konzentratfütterung auf die Protozoenfauna bei Schafen**

Fütterung	Gesamt	Ent	Dipl	Ep	Holo	Rest	Quelle
Erhöhung des Mischfutteranteils (pelletiert)	↑		↓	↑	↓	↓	(Enzinger & Hartfiel 1998)
Zusatz von Zellulose		↑					(Jouany et al. 1977)
Zusatz von Sucrose		↑			↑		(Jouany et al. 1977)
Zusatz von Lactose		↑			↑		(Jouany et al. 1977)
Zusatz von Konz. (12.5 %) zu Rau.-Diät (Gerste)	↑						(Chamberlain et al. 1980)
Zusatz von Konz. zu Rau.Diät (Stärke)		↑			↑		(Jouany et al. 1977)
Zusatz von Konz. (50 %) zu Rau.-Diät	↑						(Nakamura & Kanegasaki 1969)
Zusatz von Konz. (20 %) zu Strohdiet (pelletierte Maiskörner)		↑			≈		(Ushida et al. 1990)
Erhöhung des Konz.-Anteils (66 %) (Gemisch)	↑	↑		↑			(De Smet et al. 1992)
Erhöhung des Konz.-Anteils (60 %) (Bruchmais)	↑	↑ o ↓					(Grubb & Dehority 1975)
Konzentratgehalt unter 60 % abgefallen	↑						(Dehority & Orpin 1988)
Zusatz von Glukose	↓				0		(Purser & Moir 1959a)
Konzentratgehalt über 60 % angehoben	↓ bis 0						(Dehority & Orpin 1988)
Wechsel zu reiner Konz.-Diät, (Mais)	↓ - 0						(Van der Wath & Myburgh 1941)
Überfütterung mit schnell fermentierbaren Kohlenhydraten	0						(Krogh 1961)

**Tab. 12: Einfluss von Konzentratfütterung auf die Protozoenfauna bei verschiedenen Wiederkäuerarten**

Fütterung	Gesamt	Ent	Dipl	Ep	Holo	Rest	Quelle
<b>Ziege</b>							
Erhöhung des Mischfutteranteils	↑	↑	↓		↓		(Enzinger & Hartfiel 1998)
Erhöhung des Mischfutteranteils	↑				↓		(Cantalapiedra-Hijar et al. 2009)
Zusatz von Hirsemehl	↓						(Nour et al. 1998)
<b>Damhirsch (<i>Dama dama</i>)</b>							
Erhöhung des Konz.-Anteils	↑	↓	↑	↑	↓	↑	(Enzinger & Hartfiel 1998)
<b>Reh (<i>Capreolus capreolus</i>)</b>							
Erhöhung des Konz.-Anteils	↑	↑	↓	↓	↓	↓	(Enzinger & Hartfiel 1998)
<b>Maultierhirsch (<i>Odocoileus hemionus</i>)</b>							
Zusatz von Konz. zu Rau.- Diät (Gerste)	↑						(Pearson 1969)
<b>Blauducker (<i>Cephalophus monticola</i>)</b>							
Wechsel zu Konz., 90 % von ad libitum	↑	↑					(Dehority 1994)
<b>Hirschziegenantilope (<i>Antilope cervicapra</i>)</b>							
Erhöhung des Maisanteils	↑				≈		(Agarwal et al. 1996)

**Tab. 13: Einfluss von Konzentratfütterung auf die Protozoenfauna bei Büffeln (*Bubalis bubalis*)**

Fütterung	Gesamt	Ent	Dipl	Ep	Holo	Rest	Quelle
Mischdiät, statt Weizenstroh Hirse	↑						(Sinha et al. 1974)
Zusatz von Konz. (50 %) zu Rau.-Diät	↑	↑	↓	↓	↓	↓	(Singh et al. 1993)
Erhöhung des Konz.-Anteils (27 %) (Stärke)	↑	↓	↑		↑	↑	(Michalowski 1975)
Entzug von Konz. aus Misch-Diät	↓	↓	↑		↓	↑	(Michalowski 1975)
Entzug von Konz. aus Misch-Diät	↓	↓	≈	≈	↑	≈	(Singh et al. 1993)
Entzug von Konz. aus Misch-Diät unter Erhaltung	↓	↑	↓	↓	↓	↓	(Singh et al. 1993)

**Tab. 14: Einfluss von Konzentratfütterung auf die Protozoenfauna bei Bisons (*Bison bison*)**

Fütterung	Gesamt	Ent	Dipl	Ep	Holo	Rest	Quelle
Wechsel von Luzerne- zu Prärieheu	↑						(Towne et al. 1989)
Zusatz von Konz. zu Rau.-Diät (Getreide)	↑	↑	↓	↓	↓	↓	(Towne et al. 1988a)
Erhöhung des Konz.-Anteils (Mais)	↑	↓	↑	↓	↓	↑	(Varel & Dehority 1989)
Konzentratgehalt 40-60 % (im Vgl zu mehr oder weniger)	↑	↑					(Towne et al. 1988b)
Wechsel zu reiner Konz.-Diät (Getreide)	↑	↑	↓	↑	↓	↓	(Towne et al. 1988a)
Wechsel zu reiner Konz.-Diät (Getreide)	↓	↓		↑	↑	↓	(Towne et al. 1988a)

### 3.2.8.6 Lipide

Generell scheint eine Zulage von Fett zu einer normalen Ration für Hauswiederkäuer eine Reduktion der Protozoenfauna im Pansen zu bewirken (Tab. 15).

Futter für Wiederkäuer mit hohen Fettgehalten sind aus verschiedenen Gründen interessant. Ihre hohe Energiedichte macht sie attraktiv als Supplement und sie erlauben eine Herstellung von Tierprodukten mit Fetten, welche vom Konsumenten bevorzugt werden (Storry et al. 1974). Zu ihren negativen Effekten zählen die Hemmung gewisser Pansenmikroorganismen (Purser & Moir 1966b; Czerkawski et al. 1975; Ikwuegbu & Sutton 1982), die Reduktion der Verdaulichkeit von Zellulose und Proteinen (Brooks et al. 1954) und die Senkung der Rate der freiwilligen Futteraufnahme (Bull 1971).

Lipidzusätze werden üblicherweise in Form von Ölen oder Fetten verabreicht; es scheint aber, als seien die freien Fettsäuren die für die Mikroorganismen toxischen Agentien (Czerkawski 1973; Henderson 1973; Knight et al. 1978; Maczulak et al. 1981; Van Nevel & Demeyer 1981), weshalb der Effekt der diätetischen Lipide auf den mikrobiellen Metabolismus eventuell von der Hydrolyserate der Supplemente abhängt.

Neben pflanzlichen Ölen wurde auch der Effekt von tierischen Fetten eruiert, welche ebenfalls zu einem Abfall der Protozoenzahl zu führen scheinen (Onetti et al. 2001). Towne et al. (1991) untersuchten bei Rindern den Effekt von Talg in verschiedenen Dosierungen. Die Supplementation tendierte dazu, die durchschnittliche Protozoenzahl zu erhöhen, wobei dieser Mittelwert nur durch einzelne, vom sonstigen Trend abweichende Tiere zustande kam. Ohne diese Ausreisser kam es generell zu einem Abfall der Ziliaten. Die Zahl der aufgrund der Fettzulage vollständig defaunierten Tiere hing von der Fettbehandlung ab. Die Verteilung der Protozoenzahlen liess vermuten, dass die Talgzufuhr in den meisten Tieren nachteilig war für die Protozoen, bei einigen hingegen stimulierend wirkte. Aufgrund

der defaunierten Tiere oder solchen mit extrem niedrigen Zahlen kann davon ausgegangen werden, dass 8 % Talgsupplementation relativ toxisch ist für die Pansenprotozoen. *Entodinium* spp. waren die einzigen Ziliaten, welche überlebten. Der pH wurde nicht betroffen, so dass keine Korrelation zwischen dem pH und der Protozoenzahl gefunden werden konnte.

**Tab. 15: Einfluss von Lipiden auf die Protozoenfauna bei Rindern, Schafen und Ziegen**

Fütterung	Gesamt	Ent	Dipl	Ep	Holo	Rest	Quelle
<b>Rinder</b>							
Zusatz von weissem Fett	↓						(Onetti et al. 2001)
Zusatz von Sojabohnenmehl	↑			0			(Dennis et al. 1983)
Zusatz von Talg	↑ oder ↓						(Towne et al. 1991)
Zusatz von Talg	↑ oder ↓						(Towne et al. 1991)
Zusatz von sehr viel Talg	↓						(Towne et al. 1991)
Weizenflocken + 3.5 % Talg	↓	↑		↓			(Towne et al. 1990b)
Weizenflocken + 3.5 % Sojabohnen	↓				↑		(Towne et al. 1990b)
Hirse + 4 % gelbes Fett	≈						(Towne et al. 1990b)
Getreideflocken + 4 % gelbes Fett	≈						(Towne et al. 1990b)
Von hoch-zu minderwertigem Heu	↓				↓		(O'Kelly & Spiers 1990)
Minderwertiges Heu + Schwefel	↑				↓		(O'Kelly & Spiers 1990)
Minderwertiges Heu + Distelöl	↓	↓			0		(O'Kelly & Spiers 1990)
Minderwertiges Heu + Schwefel + Distelöl		↑			0		(O'Kelly & Spiers 1990)
<b>Schafe</b>							
Zusatz von Fett	↓						(Czerkawski et al. 1975)
Zusatz von Kokosnussöl	↓						(Machmüller et al. 2003b)
Zusatz von Leinsamenöl	↓						(Czerkawski et al. 1975)
Zusatz von Leinsamenöl	↓						(Ikwuegbu & Sutton 1982)
Zusatz von Leinsamenöl	↓						(Purser & Moir 1966b)
Zusatz von Leinsamenöl	↓						(Potter & Dehority 1973)
Zusatz von Olivenblättern	0						(Ruiz et al. 2004)
Zusatz von Sonnenblumenkernen	↓						(Ivan et al. 2004)
proteinarm + Sonnenblumenkerne	0						(Ivan et al. 2004)
proteinreich + Sonnenblumenkerne	↓						(Ivan et al. 2004)
<b>Ziegen</b>							
Zusatz von Sojabohnen + Formaldehyd	↓						(Hutjens & Schultz 1971)

### 3.2.8.7 Protein

Der Einfluss von Proteinen auf die Verhältnisse im Pansen wurde ebenfalls untersucht, wobei durch die Zugabe von Proteinen kein einheitliches Muster in der Protozoenkonzentration resultierte (Tab. 16). An dieser Stelle sind nur einige wenige Beispiele aufgezeigt.

In einer Studie von Ivan et al. (2004) wurden Lämmer mit einer proteinarmen oder proteinreichen Diät und geschroteten Sonnenblumenkernen gefüttert. Bei der proteinarmen Diät ohne Zusatz verschwanden die Protozoen. Durch das proteinreiche Futter und den Zusatz, wurden höhere Zahlen erreicht als bei den proteinarmen Fütterungen, aber die Zahlen lagen unter denen der alleinigen proteinreichen Fütterung. Wurde den Lämmern hingegen eine grünfutterreiche Diät

verabreicht, sank die Zahl der Protozoen aufgrund des Sonnenblumensupplementes, während der Gehalt an diätetischen Proteinen keinen Einfluss zeigte.

In einer Untersuchung von Ushida et al. (1986a) an Schafen resultierte eine Diät mit vermeintlich schlecht degradierbaren Proteinen (Luzerne; angegebene N-Löslichkeit 25 [dimensionslos]) in einer höheren Protozoenzahl als eine Diät mit vermeintlich schneller abbaubaren Proteinen (Natriumhydroxid-behandeltes Weizenstroh; angegebene N-Löslichkeit 43). Bei beiden Diäten machten *Entodinium* spp. mehr als 90 % aus, *P. multivesiculatum* und die Holotrichen den Rest. Die erste Diät förderte das Wachstum von *Entodinium* spp. und *P. multivesiculatum*, die Holotrichen hingegen wurden nicht beeinflusst.

Michalowski (1989) und Muszynski et al. (1985) zeigten, dass die Entodiniomorphiden lösliche Proteine nicht metabolisieren und nur wachsen, wenn unlösliche Proteine zugegeben werden.

## Harnstoff

Die Veränderungen durch einen Zusatz von Harnstoff zur Ration variieren von Studie zu Studie. Während einige Untersuchungen einen Anstieg der Protozoenzahl zeigen (Purser & Moir 1966b; Potter & Dehority 1973; Dennis et al. 1983), sinkt diese in anderen ab (Nour et al. 1979; Punia et al. 1987) (Tab. 16). Ebenso scheint Harnstoff die Zusammensetzung der Fauna zu beeinflussen, mit erhöhten Zahlen von Entodinium, Diplodinium, Charon und Ophryoscolex (Nour et al. 1979; Dennis et al. 1983).

**Tab. 16: Einfluss von Proteinzusätzen auf die Protozoenfauna bei Rindern und Schafen**

Fütterung	Gesamt	Ent	Dipl	Ep	Holo	Rest	Quelle
<b>Rinder</b>							
Zusatz von Sojaextraktionsschrot	↑				↑		(Dennis et al. 1983)
Zusatz von Sonnenblumenkernen	≈						(Ivan et al. 2004)
Zusatz von demineralisierter Molke	↓						(Metzger et al. 1976)
energiearme Diät + Proteine				↓	↑		(Towne & Nagaraja 1989)
energiereiche Diät + Proteine			↓	↑	↑	↓	(Towne & Nagaraja 1989)
Zusatz von Harnstoff	↑	↑	↑			↑	(Dennis et al. 1983)
Zusatz von Harnstoff		↑	↓		↓	↓	(Nour et al. 1979)
Zusatz von Harnstoff	↓						(Punia et al. 1987)
<b>Schafe</b>							
schlecht reduzierbare Proteine (Luzerne)	↑	↑			≈		(Ushida et al. 1986a)
gut reduzierbare Proteine (Weizenstroh)	↓						(Ushida et al. 1986a)
Zusatz von Protein		↑					(Van der Wath & Myburgh 1941)
Zusatz von Harnstoff	↑						(Potter & Dehority 1973)
Zusatz von Harnstoff	↑						(Purser & Moir 1966b)
steigender Zusatz von Harnstoff	1.↓, 2.↑						(Nour et al. 1979)
<b>Ziege</b>							
Zusatz von Harnstoff	↓						(Nour et al. 1979)
<b>Büffel</b>							
Zusatz von Harnstoff (1 %)	↓						(Nour et al. 1979)
Zusatz von Harnstoff (1.3 %)	↓						(Nour et al. 1979)
Zusatz von Harnstoff (2.2 %)	↑						(Nour et al. 1979)

#### 3.2.8.8 Salzkonzentration

Pearson (1969) fand bei Maultierhirschen, welchen Salz supplementiert wurde, eine grössere Ziliatenpopulation als bei solchen, die nur eine Luzernediät erhielten. Dehority und Males (1974) fanden keinen direkten Zusammenhang zwischen dem osmotischen Druck im Pansen und dem Auftreten und der Zahl der Holotrichen. In einer in vitro Studie hingegen wurde beobachtet, dass *O. caudatus* am empfindlichsten auf unphysiologische Salzkonzentrationen reagierte, *Isotricha* spp. am tolerantesten und *Diplodinium* spp., *Entodinium* spp. und *Da. ruminantium* dazwischen lagen. Keiner der Protozoen überlebte länger als zwei Stunden in einer Lösung mit 160 oder 455 mosm (Slyter 1976).

#### 3.2.8.9 Wasser

Wasser fliesst über das Trinken, das Futter und den Speichel in den Pansen, wobei letzteres die Hauptquelle ausmacht (Allen 1997). Nachfolgend sei auf drei Studien zu diesem Thema hingewiesen, in welchen ersichtlich ist, dass sich die Wasseraufnahme nicht nur auf die Protozoenpopulation, sondern auch auf viele andere Verhältnisse auswirkt (Tab. 17).

Purser und Moir (1966a) zeigten an Schafen, dass die Konzentration von Holotrichen bei einer Reduktion der Wasseraufnahme über die Tränke signifikant zunahm. Dies könnte der verminderten Verdünnung oder den veränderten physiologischen Bedingungen zugeschrieben werden. Sobald das Wasser wieder in grösseren Mengen verfügbar war, normalisierten sich die Werte. In der Studie von Dehority und Purser (1970) hingegen kam es durch die Wasserrestriktion zu einem initialen Anstieg der Holotrichen und einem nachfolgenden Abfall. Diesen Unterschied führten die Autoren auf die unterschiedlichen Versuchsbedingungen zurück.

**Tab. 17: Einfluss von Wasser auf die Protozoenfauna bei Schafen**

Fütterung	Gesamt	Ent	Dipl	Ep	Holo	Rest	Quelle
Reduktion des Wassers					1.↑ 2.↓		(Dehority & Purser 1970)
Reduktion des Wassers					↑		(Purser & Moir 1966a)

#### 3.2.8.10 Mineralstoffe

Die Wirkung unterschiedlicher Mineralstoffe auf die Protozoenpopulation wurde in diversen Studien untersucht. Eine Übersicht der Resultate zeigt Tabelle 18.

Ivan zeigte, dass durch die Anwesenheit von Protozoen die Kupferverfügbarkeit sank (Ivan 1988), und dass durch die Abwesenheit einer Fauna eine chronische Cu-Vergiftung beschleunigt werden konnte (Ivan et al. 1992). Faunierte Schafe hatten eine geringere Kupferlöslichkeit im Pansen und akkumulierten weniger Kupfer in ihrer Leber als protozoenfreie Tiere (Ivan 1989). Dies wurde der Interaktion von diätetischem Kupfer mit Schwefel aus der protozoären Proteinverdauung zugeschrieben (Ivan 1988), weshalb das Ausmass der Kupferverfügbarkeit auch durch supplementierte schwefelhaltige Proteine beeinflusst werden konnte (Ivan 1989).

---

#### 3.2.8.11 Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe

Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe können sich auf die Verhältnisse im Pansen auswirken, wobei keine einheitliche Regel existiert. Nachfolgend soll die Wirkung einiger solcher Substanzen bzw. der sie enthaltenden Futtermittel aufgezeigt werden (Tab. 18).

Odenyo et al. (1997) verabreichten äthiopischen Schafen verschiedene Baumsupplemente (*Acacia angustissima*, *A. saligna*, *Chamaecytisus palmensis*, *Leucaena pallida*, *Sesbania sesban*). Dabei führte die Fütterung mit *S. sesban* zu den höchsten und *A. saligna* zu den tiefsten Protozoenzahlen. Bei den übrigen Supplementen blieb die Zahl unverändert. Die Ziliatenkonzentrationen waren bei oraler Aufnahme der Zusätze höher als bei direkter Verabreichung in den Pansen, was eine Rolle der physiologischen Aktivität beim Fressvorgang, inklusive Speichelsekretion, in der Verminderung der Toxizität von giftigen Substanzen vermuten lässt. Entodinium waren bei allen Diäten am zahlreichsten. Die von Newbold et al. (1994) postulierte antiprotozoäre Aktivität von *S. sesban* konnte weder in dieser Studie noch in der Untersuchung von Leng et al. (1991) gezeigt werden. Es könnte sein, dass in *S. sesban* Substanzen enthalten sind, welche toxisch sind für die Protozoen der schottischen Schafe, während die Protozoen der äthiopischen Schafe mehr an verschiedene Pflanzen adaptiert und dadurch resistenter gegenüber gewissen toxischen Chemikalien sind (Williams et al. 1984).

Dehority et al. (1999b) verabreichten an Kühe mit einer Luzernefütterung zusätzlich Kiefernadeln und beobachteten dabei sowohl einen Rückgang der Ziliatenzahl als auch der Anzahl Gattungen im Vergleich zur alleinigen Luzernefütterung.

Tropische Futtermittel (jedoch nicht ausschliesslich diese) können Tannine und Saponine enthalten; diese wurden aber nicht in allen tropischen Baumgrünfuttern festgestellt (Monforte-Briceño et al. 2005). Alle getesteten Baumgrünfütter mit einem Tanningehalt von über 100 mg/kg TS, mit Ausnahme von *Bursera simaruba*, haben einen defaunierenden Effekt. In Pflanzen, welche sowohl Tannine als auch Saponine enthalten, scheinen die Saponine einen stärkeren Effekt bezüglich der Defaunation zu besitzen (Monforte-Briceño et al. 2005).

Die Wirkung solcher Supplemente auf die Protozoen scheint nicht einheitlich zu sein. Tannine zeigten nur einen kleinen Effekt auf die Protozoen (Śliwiński et al. 2002). Die Verabreichung von *Sarpindus saponaria* (reich an Saponinen) reduzierte die Protozoenzahl, und *Enterolobium cyclocarpum* und *Pithecellobium saman* (beide mit weniger Saponinen) führte im Vergleich zur Kontrolle zu einem Anstieg der Ziliatenkonzentration. Eine Erklärung dafür könnte die Veränderung der Zellwandpermeabilität darstellen. *S. saponaria* reduzierte die Methanfreisetzung, während die beiden anderen Pflanzen zu einem Anstieg der Methanogenese führten (Hess et al. 2003).

In einer anderen Studie (Navas-Camacho et al. 1993) wurde der Zusatz von *Enterolobium* getestet, welcher im Vergleich zur Kontrolldiät mehr Proteine, aber einen geringeren Anteil von löslichen Proteinen enthielt. Die Zugabe führte zu einer erhöhten Protozoenzahl, welche bei einer hohen Supplementation jedoch wieder gesenkt wurde. Diese Reduktion könnte auf dem toxischen Effekt der Saponine beruhen, welche ab einem gewissen Niveau den Effekt der Tannine aufheben. Die Holotrichen waren am sensibelsten auf *Enterolobium*, während ein geringer Zusatz den Anteil der Entodiniomorphen anhob. Eine geringe Zugabe führte ebenfalls zu

---

einem Anstieg der freiwilligen Futteraufnahme und der Aufnahme von verdaulichem Material.

Diese Studien belegen, dass die Auswirkung eines Futtermittels auf die Protozoen sich aufgrund der verschiedenen Gehalte von Nährstoffen und sekundären Inhaltsstoffen je nach Dosierung unterschiedlich gestalten kann.

#### 3.2.8.12 Hormone

Diethylstilbestrol zählt zu den synthetischen, nichtsteroidalen Östrogenen, welche eine Rolle in der sexuellen Reproduktion bei höheren Tierformen spielen. Da sich Protozoen sexuell und asexuell regenerieren können, scheint es plausibel, dass sich solche Hormone auch auf die sexuelle Reproduktion im Pansen auswirken könnten. Tatsächlich konnten Christiansen et. al (1964) an Lämmern zeigen, dass ein Zusatz von Diethylstilbestrol zu einem signifikanten Anstieg der Protozoenpopulation führte (Tab. 18). Laut Ibrahim et al. (1970) soll es vorwiegend die holotrichen Ziliaten fördern.

#### 3.2.8.13 Medikamente

Aus den zahlreichen zur Verfügung stehenden Medikamenten wurde sehr oft die Wirkung von Antibiotika getestet, welchen ein anaboler Effekt zugeschrieben wird (Tab. 18).

Aureomycin und Tylosin erhöhen die totale Protozoenpopulation, aber nicht die Bakterienzahl und beide Ziliatengruppen reagieren vermutlich gleich (Purser et al. 1965).

Zur Wirkung von Monensin sei auf das Kapitel „Methanproduktion“ hingewiesen.



**Tab. 18: Einfluss von verschiedenen Zusätzen auf die Protozoenfauna bei Rindern, Schafen, Ziegen und Maultierhirschen**

Fütterung	Gesamt	Ent	Dipl	Ep	Holo	Rest	Quelle
<b>Rinder</b>							
Zusatz von Ca		≈		≈			(Abou Akkada et al. 1969)
Zusatz von P		≈		≈			(Abou Akkada et al. 1969)
Zusatz von Zink, 1x/d	↓						(Froetschel et al. 1990)
Zusatz von Zink, 12x/d	↑						(Froetschel et al. 1990)
Zusatz von Meerrettichöl	≈						(Mohammed et al. 2004)
Zusatz von Monensin	↓						(Hino 1981)
Zusatz von Monensin	≈						(Towne et al. 1990b, a)
Zusatz von Kiefernadeln	↓	↑	↓	↓	↓		(Dehority et al. 1999b)
<b>Schafe</b>							
Zusatz von Ca	↓						(Machmüller et al. 2003a)
Zusatz von anorganischem Selen	↑	≈	↑	≈	≈	↑	(Naziroglu et al. 1997)
Zusatz von anorganischem Selen	≈	≈			↓		(Mihalikova et al. 2005)
Zusatz von organischem Selen	≈	≈			↓		(Mihalikova et al. 2005)
Zusatz von S. sesban	↑	↑					(Odenyo et al. 1997)
Zusatz von A. saligna	↓	↓					(Odenyo et al. 1997)
Zusatz von Ch. palmensis	≈	↑					(Odenyo et al. 1997)
Zusatz von L. pallida	≈						(Odenyo et al. 1997)
Zusatz von Diethylstilbestrol	↑						(Christiansen et al. 1964)
Zusatz von Diethylstilbestrol	↑				↑		(Ibrahim et al. 1970)
Zusatz von Aureomycin	↑						(Purser et al. 1965)
Zusatz von Tylosin	↑						(Purser et al. 1965)
Zusatz von Bentonite	↓						(Ivan et al. 1992)
Zusatz von Monensin	↓						(Ivan et al. 1992)
<b>Ziege</b>							
Zusatz von Formaldehyd	↓						(Hutjens & Schultz 1971)
<b>Maultierhirsch (<i>Odocoileus hemionus</i>)</b>							
Bitterbrush anstelle Luzerne	↑	↑	↑	↑	↑	↑	(Pearson 1969)
Bergmahagoni anstelle Luzerne	↑	↑	↑	↑	↑	↑	(Pearson 1969)
<b>in vitro</b>							
Zusatz von Acacia	↓	↓			↓		(Monforte-Briceño et al. 2005)
Zusatz von Bursera simaruba	↓	↓			↓		(Monforte-Briceño et al. 2005)
Zusatz von Calliandra	↓	↓			↓		(Monforte-Briceño et al. 2005)
Zusatz von Enterolobium cyclocarpum	↓	↓			↓		(Monforte-Briceño et al. 2005)
Zusatz von Erythrina	↓	↓			↓		(Monforte-Briceño et al. 2005)
Zusatz von Gliricidia	↓	↓			↓		(Monforte-Briceño et al. 2005)
Zusatz von Guazuma ulmifolia	↓	↓			↓		(Monforte-Briceño et al. 2005)
Zusatz von Leucaena leucocephala	↓	↓			↓		(Monforte-Briceño et al. 2005)
Zusatz von Lysiloma latisiliquum	↓	↓			↓		(Monforte-Briceño et al. 2005)
Zusatz von Piscidia piscipula	↑	↑			↓		(Monforte-Briceño et al. 2005)
Zusatz von Vitex gaumeri	↓	↓			↓		(Monforte-Briceño et al. 2005)

---

## 4 MATERIAL UND METHODEN

### 4.1 Datengewinnung

Zur Beschaffung der erforderlichen Literatur wurde zunächst mit den Suchmaschinen „Zoological Records“ der Universitätsbibliothek Zürich und „PubMed“ gearbeitet. Dabei wurde mit den Begriffen „protozoa“, „rumen“, „ciliates“, „fauna“, den einzelnen Gattungen und Spezies und den Tierarten gearbeitet. So wurden über 200'000 Treffer erzielt. Sämtliche Publikationen, welche sich mit pathologischen Formen von Protozoen oder mit Ziliaten ausserhalb des Pansens auseinander setzten, wurden aussortiert. Im Anschluss wurden aus den Literaturverzeichnissen der gefundenen Publikationen weitere Quellen ausgewählt.

Das Ziel dieser Literaturrecherche war es, sämtliche Studien, welche im Zusammenhang mit Pansenziliaten bei Wildwiederkäuern durchgeführt wurden, zu erhalten. In Bezug auf die domestizierten Wiederkäuer lag eine etwas andere Situation vor: Aufgrund der Vielzahl von Untersuchungen an diesen Tieren war die Vollständigkeit der Literatur kein primäres Ziel dieser Arbeit.

#### 4.1.1 Nomenklatur

Die Taxonomie der Protozoen gestaltet sich in den einzelnen Publikationen sehr unterschiedlich und wurde im Laufe der Jahre mehrere Male abgeändert. In der vorliegenden Studie soll die Einteilung nach den Autoren Dehority (1993), Hungate (1978), Jouany et al. (1988) und Öktem et al. (1997) verwendet werden (vgl. 3.1.5).

#### 4.1.2 Äsungstypen und Grasanteil in der Nahrung

Hoffmann (1973, 1988, 1991, 1999) teilte die Wiederkäuer aufgrund von morphologischen Beobachtungen des Verdauungstraktes, seinen unterstützenden Strukturen und anderer Organe in drei Äsungstypen ein: In Laubäser, Mischäser und Grasäser. Diese Zuordnung soll auch in dieser Schrift verwendet werden und es soll geprüft werden, welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten sich dadurch in der Protozoenkonzentration, -zusammensetzung und dem Pansenmilieu ergeben. Bei der statistischen Auswertung eines Einflusses des Äsungstyps auf den Zielparameter ist es aber von Vorteil, wenn der Äsungstyp selbst mit einer quantitativen (und nicht kategorischen) Variablen charakterisiert werden kann. Aus diesem Grund hat sich in den letzten Jahren das Verfahren etabliert, den Äsungstyp anhand des Anteils von Gräsern in der natürlichen Äsung zu kennzeichnen (Clauss et al. 2008b). In dieser Arbeit werden dazu Quellen aus der Literatur (Clauss et al. 2006a; Clauss et al. 2008a; Hofmann et al. 2008; Clauss et al. 2009c) verwendet.

Wenn die Körpermasse der Tiere nicht aus den Publikationen selbst ersichtlich war, wurden Mittelwerte aus Silva & Downing (1995) dafür herangezogen.

---

## 4.2 Darstellung der Ergebnisse

### 4.2.1 Tabellenwerk

Angaben in den Publikationen über die Protozoenkonzentration und die generische Zusammensetzung, welche in Zahlen ausgedrückt waren, wurden nach Tierarten unterteilt und in Excel-Tabellen gesammelt. In Anlehnung an die Arbeit von Dehority und Odenyo (2003) wurden die Protozoenzahlen in Einheiten von  $10^4/\text{ml}$  und die Anteile der Gattungen in % der Gesamtzahl an Gattungen ausgedrückt. In einigen Artikeln waren die Zahlen pro Gramm angegeben. In solchen Fällen wurde  $1 \text{ ml} = 1 \text{ g}$  gesetzt und diese Werte wurden mit einem \* markiert. Die Aufteilung der Protozoen erfolgte in die Gattungen: Entodinium, Epidinium, Diplo-dinium, Holotriche und Restliche.

Zuerst wurde aufgrund dieser Sammlung ein Überblick über den Kenntnisstand zu einzelnen Wildwiederkäuer-Spezies erstellt. Die Daten aus der Literatur wurden in den Tabellen alphabetisch nach dem Namen des Autors sortiert. Die Tiere wurden drei Gruppen zugeordnet: „Freie Wildbahn“, „Wildtier-Farm“ oder „Gefangenschaft“. Bei Tieren in Gefangenschaft wurde noch angegeben, ob sich ihre Ration aus reinem Rauhfutter, reinem Konzentrat oder einer gemischten Ration zusammensetzte. Bei Tieren aus der freien Natur wurde, sofern in der Studie angegeben, noch die Jahreszeit, in welcher sie erlegt wurden, vermerkt.

Anschliessend wurden für jede Tierart die Mittelwerte der gesamten Protozoenzahl sowie der einzelnen Gattungen berechnet. Mittelwerte wurden gebildet für a) Tiere aus freier Wildbahn/von Wildfarmen (ohne Beifütterung) mit allen Daten und b) Tiere aus freier Wildbahn/von Wildfarmen (ohne Beifütterung) unter Ausschluss von Nullwerten (also ohne Studien zu berücksichtigen, die keine Protozoen feststellten). Die Datensammlung zum Zebu (*Bos indicus*) ging in die Auswertungen nicht ein, da zum Zebu keine Angaben zum Gehalt an Gräsern in der natürlichen Äsung vorlagen.

### 4.2.2 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit SPSS 16.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA), anhand der erstellten Sammlung der Spezies-Mittelwerte. Korrelationen wurden – bei normalverteilten Daten – mit dem Pearson's Correlation Coefficient sowie mit dem Spearman's Rank Correlation Coefficient überprüft. Um eine Normalverteilung zu erreichen, wurde die Körpermasse logarithmiert. Der Vergleich zwischen den drei Äsungstypen wurde mittels ANOVA und post hoc-Test mit Sidak-Adjustierung für mehrfache Tests durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde auf 0.05 festgesetzt.

## 5 RESULTATE

Insgesamt wurden 829 Publikationen ausgewertet. Es wurden Angaben zu 3 domestizierten Wiederkäuerarten und 58 verschiedenen Wildwiederkäuerspezies ausgewertet. Die Informationen dazu stammten aus 162 Publikationen, welche sich mit der Protozoenpopulation im Pansen befassten, wovon 128 quantitative Angaben enthielten und 34 lediglich Qualitative (Tab. 19). Die meisten Angaben rührten von frei lebenden Tieren oder von Tieren von Wildfarmen.

Untersuchungen an in Gefangenschaft gehaltenen Tieren wurden an Kantschilen, Dam-, Sika-, Schwarzwedel- und Maultierhirschen, Rehen, Elchen, Blauduckern, Büffeln, Yaks, Bisons, Hirschziegentantilopen und Zeburindern durchgeführt.

Einen Überblick über die Datenlage gibt Tabelle 19.

**Tab. 19: Taxonomie der Wildwiederkäuer-Arten zu denen im Rahmen dieser Arbeit Angaben zur Protozoenfauna gefunden wurden (qualitativ: nur Nennung beobachteter Protozoen-Spezies; quantitativ: incl. Angaben zur Konzentration bzw. zum Anteil verschiedener Spezies)**

Unterfamilie	Gattung	Spezies lateinisch	Spezies deutsch	Anz. Publikationen (qualitativ/quantitativ)
<b>Tragulidae = Hirschferkel</b>				
	Tragulus	T. javanicus	Kleinkantschil	0/1
		T. meminna	Fleckenkantschil	1/1
<b>Antilocapridae = Gabelhorntiere</b>				
	Antilocapra	A. americana	Gabelbock	0/2
<b>Giraffidae = Giraffen</b>				
Giraffinae	Giraffa	G. camelopardalis	Giraffe	1/1
Palaeotraginae	Okapia	O. johnstoni	Okapi	1/0
<b>Cervidae = Hirsche</b>				
Cervinae = Echthirsche	Axis	A. axis	Axishirsch	0/1
	Dama	D. dama	Damhirsch	3/4
	Cervus	C. unicolor	Indischer Sambar	1/1
		C. nippon	Sikahirsch	0/6
		C. elaphus [europ.]	Rothirsch	0/5
		C. elaphus canadensis	Wapiti	0/1
Odocoileinae = Trughirsche	Capreolus	C. capreolus	Reh	1/9
	Odocoileus	O. virginianus	Weisswedelhirsch	1/1
		O. hemionus	Maultierhirsch	0/2
	Alces	A. alces	Elch	1/2
	Rangifer	R. tarandus	Rentier	3/4
<b>Bovidae = Hornträger</b>				
Bovinae = Rinder	Bison	B. bison	Bison	0/5
	Bos	B. grunniens	Yak	0/2
		B. indicus	Zeburind	1/8
		Bos gaurus	Gaur	3/1
	Syncerus	S. caffer	Kaffernbüffel	0/1

	Bubalus	B. bubalis	Wasserbüffel	9/17
Tragelaphinae = Waldböcke	Tragelaphus	T. spekei	Sitatunga	0/2
		T. scriptus	Buschbock	2/1
		T. strepsiceros	Grosser Kudu	0/3
	Taurotragus	T. oryx	Elenantilope	0/1
Cephalophinae = Ducker	Sylvicapra	S. grimmia	Buschducker	1/2
	Cephalophus	C. monticola	Blauducker	2/1
		C. harveyi	Rotducker	0/1
Hippotraginae = Pferdeböcke	Hippotragus	H. equinus	Pferdeantilope	1/1
		H. niger	Rappenantilope	0/2
Reduncinae = Ried- & Wasserböcke	Kobus	K. ellipsiprymnus	Ellipsen-Wasserbock	1/1
		K. kob	Kob-Antilope	1/0
		K. leche	Litschi-Wasserbock	0/1
	Redunca	R. redunca	Riedbock	1/2
		R. arundinum	Grosser Riedbock	0/1
		R. fulvorufula	Bergriedbock	0/1
Neotraginae = Böckchen	Oreotragus	O. oreotragus	Klippspringer	0/1
	Raphicerus	R. rufescens	Steinböckchen	0/2
	Madoqua	M. guentheri	Güntherdikdik	0/3
Antilopinae = Gazellenartige	Antilope	A. cervicapra	Hirschziegenantilope	1/1
	Gazella	G. thomsoni	Thomson-Gazelle	0/3
		G. granti	Grantgazelle	0/1
	Procapra	P. gutturosa	Kropfantilope	0/1
	Antidorcas	A. marsupialis	Springbock	0/2
Aepycerotinae = Schwarzfersenantilope	Aepyceros	A. melampus	Impala	0/4
Alcelaphinae = Kuhantilopen	Connochaetes	C. taurinus	Streifengnu	0/3
	Alcelaphus	A. buselaphus	Kuhantilope	0/1
	Damaliscus	D. lunatus	Leierantilope	0/3
		D. dorcas	Buntbock	0/1
Rupicaprinae = Gemsenartige	Rupicapra	R. rupicapra	Gemse	0/6
	Capricornis	C. crispus	Japanischer Serau	0/1
Caprinae = Böcke und Ziegenartige	Capra	Capra aegagrus	Bezoarziege	0/1
	Ovis	O. musimon	Mufflon	0/2
		O. orientalis	Asiatisches Mufflon	0/2
		O. canadensis	Dickhornschaf	0/1
		O. dalli	Dünnhornschaf	1/1
		O. nivicola	Schneeschatz	0/1
	Ovibos	O. moschatus	Moschusochse	1/2

---

## **5.1 Zusammenfassung der quantitativen Angaben zu Wildwiederkäuern**

Die gemittelten Angaben zu Wildwiederkäuern (aus dem Freiland bzw. von Wildfarmen) sind in Tabelle 20 zusammengefasst.

Detaillierte Angaben zu den einzelnen Spezies finden sich im Appendix.

Die durchschnittliche totale Ziliatenzahl lag im Bereich von 5.1 bis  $229.4 \times 10^4/\text{ml}$ , wobei einzelne Tiere, vor allem in Gefangenschaft gehaltene, viel höhere Werte aufwiesen. Die höchsten Konzentrationen beherbergten der Dikdik und die Grantgazelle, wobei die Tiere ohne Protozoen im Pansen nicht berücksichtigt wurden. Wurden hingegen auch die Nullwerte in die Berechnung der Mittelwerte mit einbezogen, fanden sich die grössten Ziliatenzahlen im Pansen von Buschduckern und von Impalas. Die geringste Population wurde beim japanischen Serau ermittelt.

Die Fauna von Thompsongazellen und Pferdeantilopen setzte sich nur aus einer einzigen Spezies zusammen, wobei es sich dabei bei Ersteren um eine Entodiniumspezies und bei Letzteren um eine Diplodiniumspezies handelte. Die Artenzusammensetzung war beim Sambar mit durchschnittlich 35, Gaur mit 28 und Wasserbüffel mit 25.6 Spezies am vielfältigsten, während die übrigen Tierarten unter 25 Protozoenspezies beherbergten.

**Tab. 20: Zusammenfassung der quantitativen Angaben zu den einzelnen Wildwiederkäuern (Quellenangaben im Appendix)**

Spezies	Gewicht	Äsungstyp	Gras in natürl. Diät	Gesamt o. FV	Gesamt ohne 0-Werte	Anz. Spezies	Ento-dinien	Epi-dinien	Diplo-dinien	Holo-triche	Rest
	kg	1=Laubäser 2=Mischäser 3=Grasäser	(%)	(10 <sup>4</sup> /ml)	(10 <sup>4</sup> /ml)	(n)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Tragulid javanicus	2	1	0.0	48.5	48.5	6.0					
Tragulid meminna	4	1	0.0			7.0					
Antilocapra americana	45	3	15.0	21.2	21.2	2.5	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Giraffa camelopardalis	904	1	0.2	82.1	82.1		79.2	0.0	14.4	6.5	0.0
Axis axis	57	2	70	96.9	96.9	9.0	76.6	0.3	3.2	0.0	
Dama dama	52	2	46.0	62.2	62.2	12.0	77.0	6.4	7.6	0.1	0.0
Cervus unicolor	212	2	45.0	92.6	92.6	21.0	87.9	0.0	7.2	3.9	0.5
Cervus nippon	50	2	50.0	106.2	106.2	4.4	92.6	0.3	5.7	0.2	0.1
Cervus elaphus	154	2	47.0	56.8	56.8		81.4	6.4	11.9	1.1	0.0
Cervus canadensis	282	2	64			3.0					
Capreolus capreolus	21	1	9.0	41.7	41.7	7.7	83.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Odocoileus virginianus	59	1	9.0	167.6	167.6	4.3	94.9	0.6	3.2	0.0	0.5
Odocoileus hemionus	56	1	11.0	34.1	34.1	5.3	99.8	0.0	0.0	0.2	0.0
Alces alces	346	1	2.0	112.5	112.5	8.3	89.2	2.0	8.8	0.0	0.0
Rangifer tarandus	120	2	36.0	120.9	120.9	19.2	78.3	4.2	17.2	0.8	0.0
Bison bison	647	3	84.0	54.1	54.1	8.0	55.6	3.6	28.5	6.9	34.5
Bos grunniens	360	3	80.0	28.7	28.7	17.3	57.6	2.3	26.5	11.8	1.8
Bos gaurus	800	3	85			28.0					
Syncerus caffer	493	3	90.0			21.0					
Bubalis bubalis	900	3	80.0	31.5	31.5	25.6	72.4	0.1	24.5	1.5	0.9
Tragelaphus spekei	104	2	67.5			1.0	100.0				
Tragelaphus scriptus	44	1	10			3.0					

Tragelaphus strepsiceros	194	1	5.0	90.5	90.5	21.0					
Taurotragus oryx	366	2	50.0	62.4	62.4		86.2	0.0	12.9	0.8	0.2
Sylvicapra grimmia	15	1	5.0	214.2	214.2	2.0					
Cephalophorus harvey	13	1	1.0	138.0	138.0						
Hippotragus equinus	225	3	85.0			1.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
Hippotragus niger	212	3	93.0	19.4	19.4	9.1	32.0	0.0	66.6	1.4	0.0
Kobus ellipsiprymnus	160	3	80.0	30.3	30.3	14.0					
Kobus kob	60	3	95.0			6.0					
Kobus leche	103	3	95.0	25.7	25.7	24.0	63.4	0.0	34.5	0.0	2.1
Redunca redunca	40	3	95.0	29.7	29.7	11.0					
Redunca arundinum	47	3	95.0			13.0					
Redunca fulvorufula	30	3	95.0			22.0					
Oreotragus oreotragus	12	1	5.0	116.1	116.1						
Raphiceros rufescens	10	2	34.0	37.6	37.6	7.0					
Madoqua guentheri	5	1	5.0	114.7	229.4	10.0	65.6	0.0	21.4	0.0	13.0
Gazella thomsoni	19	2	75			1.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gazella granti	50	2	50.0	117.4	234.7		100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Procapra gutturosa	28	2	50.0	30.9	30.9	2.2	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Antidorcas marsupialis	39	2	30.0	150.0	150.0	10.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Aepyceros melampus	48	2	60.0	216.7	216.7	4.0	59.6	13.2	27.2	0.0	0.0
Connochaetes taurinus	184	3	90.0	42.4	42.4		15.4	0.0	77.2	2.4	5.1
Alcelaphus buselaphus	136	3	96.7	44.3	44.3		11.2	0.0	84.1	0.0	4.7
Damaliscus lunatus	126	3	99.3	32.4	32.4	18.0	25.8	0.0	52.4	0.0	30.0
Damaliscus dorcas	64	3	90.0	29.0	29.0	8.0	26.2	1.5	53.9	0.0	16.9
Rupicapra rupicapra	32	2	74.0	100.1	100.1	9.1	88.3	8.1	3.1	0.0	1.3
Capricornis crispus	30	2	70.0	13.8	13.8	4.9	87.7	6.3	5.3	0.7	0.0



---

Capra aegagrus	43	2	28.0			9.0					
Ovis musimon	40	3	69.0	60.1	60.1		80.4	9.6	9.9	0.2	0.0
Ovis orientalis	68	3	70.0			8.5					
Ovis canadensis	104	2	53.5			17.0					
Ovis dalli	56	2	56.0	148.6	148.6	12.5	85.7	0.0	6.1	0.0	8.3
Ovis nivicola	72	2	60.0			7.0					
Ovibos moschatus	196	3	62.0	83.8	83.8	14.3	59.4	1.4	38.4	0.8	0.0

## 5.2 Zusammenhang verschiedener Merkmale bei Wildwiederkäuern

### 5.2.1 Zusammenhang Spezieszahl-Protozoengruppen

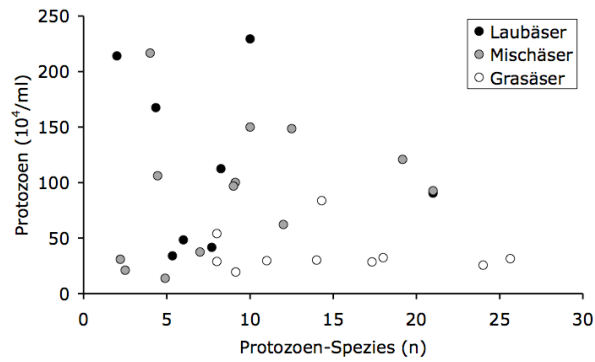
Beim Vergleich der gesamten absoluten Protozoenzahl und der Anzahl Spezies zeigte sich kein Trend zur abnehmenden Spezies-Anzahl mit ansteigender Gesamt-Protozoen-Zahl (Tab. 21, Abb. 8a). Eine hohe Speziesdiversität kam nur bei moderaten, nicht aber bei hohen Gesamtzahlen vor.

Obwohl in der parametrischen Analyse nicht signifikant, sank der Entodinien-Anteil in der nichtparametrischen Analyse signifikant mit der Spezieszahl (Abb. 8b); für Diplodinien ergab sich ein umgekehrter Trend. Holotriche (Abb. 8c) und „restliche Protozoen“ (Abb. 8d) kamen signifikant häufiger bei hohen Spezieszahlen vor.

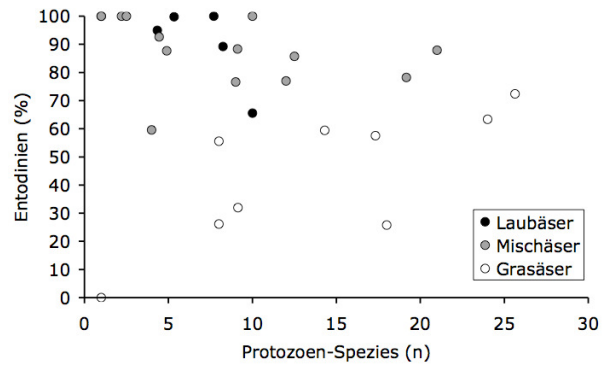
Mit Ausnahme von Buntböcken, Leier- und Kuhantilopen, Weisschwanzgnus, Rappen- und Pferdeantilopen, besaßen alle Tierarten einen grösseren Entodinium- als Diplodiniumanteil. Letzterer steigt aber bei einer mittleren Spezieszahl an, wobei selten dieselben hohen Werte wie von Entodinium erreicht werden.

**Tab. 21: Ergebnisse der Korrelationsanalyse von verschiedenen Werten mit der Anzahl an Protozoenspezies (PCC=Pearson's Correlation Coefficient; SCC=Spearman's Correlation Coefficient)**

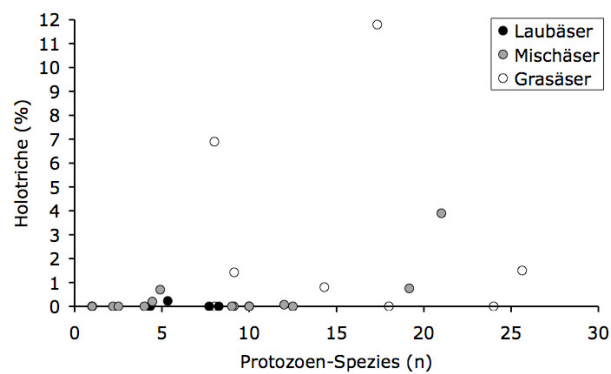
Speziesanzahl korreliert mit ...	Wiederkäuer-Spezies (n)	PCC	p	SCC	p
Gesamtzahl der Protozoen incl. 0-Werte (10 <sup>4</sup> /ml)	32	-0.277	0.125	-0.190	0.297
Gesamtzahl der Protozoen ohne 0-Werte (10 <sup>4</sup> /ml)	32	-0.262	0.147	-0.178	0.330
Anteil Entodinien (% Ges.-population)	29	-0.212	0.270	-0.410	<b>0.027 *</b>
Anteil Epidinien (% Ges.-population)	27	-	-	0.075	0.705
Anteil Diplodinien (% Ges.-population)	28	0.044	0.825	0.366	0.056 (*)
Anteil Holotriche (% Ges.-population)	28	-	-	0.475	<b>0.011 *</b>
Anteil restl. Prot. (% Ges.-population)	27	-	-	0.522	<b>0.005 **</b>



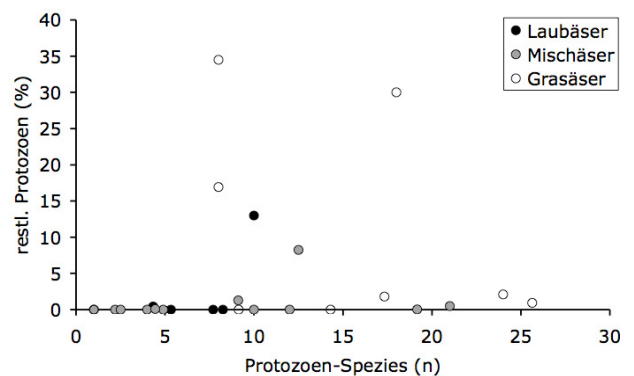
**Abb. 8a:** Darstellung der Anzahl an Protozoen-Spezies und der Gesamtzahl der Protozoen ohne 0-Werte ( $10^4/\text{ml}$ ) bei Wiederkäuerarten unterschiedlichen Äsungstyps



**Abb. 8b:** Darstellung der Anzahl an Protozoen-Spezies und des Anteils der Entodinen (% aller Protozoen) bei Wiederkäuerarten unterschiedlichen Äsungstyps



**Abb. 8c:** Darstellung der Anzahl an Protozoen-Spezies und des Anteils der Holotriche (% aller Protozoen) bei Wiederkäuerarten unterschiedlichen Äsungstyps



**Abb. 8d:** Darstellung der Anzahl an Protozoen-Spezies und des Anteils der „restlichen Protozoen“ (% aller Protozoen) bei Wiederkäuerarten unterschiedlichen Äsungstyps

## 5.2.2 Zusammenhang zwischen den Protozoengruppen

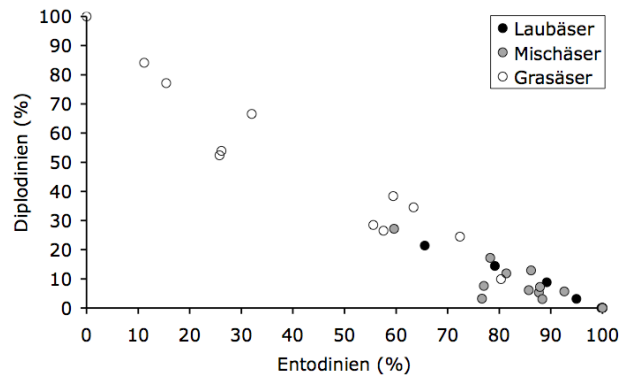
Es ergaben sich keine signifikanten Korrelationen zwischen der Protozenkonzentration und dem Anteil der verschiedenen Protozoen-Gruppen an der Gesamtfaua.

Zusammenhänge zwischen einzelnen Protozoengruppen sind in Tabelle 22 zusammengefasst. Es ergab sich kein Zusammenhang zwischen den Holotrichen und einer anderen Gruppe und zwischen Epidinium und einer anderen Gruppe.

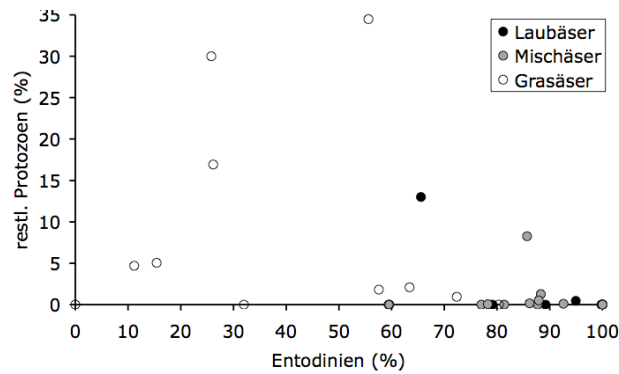
Wie in der Abb. 9a ersichtlich ist, stellt sich hingegen zwischen den beiden Gattungen Entodinium und Diplodinium eindeutig eine Dichotomie ein. Wenn Diplodinium einen hohen Anteil ausmachte, kamen Entodinen nur in geringer Menge vor, und umgekehrt. Die „Restliche Protozoen“ wurden ebenfalls häufiger diagnostiziert, wenn der Anteil der Entodinen geringer (Abb. 9b) und der Anteil der Diplodinen höher war (Abb. 9c).

**Tab. 22: Korrelationsanalyse zwischen verschiedenen Protozoengruppen (in % der Gesamtpopulation) (n=Anzahl der Wiederkäuer-Spezies; SCC=Spearman's Correlation Coefficient)**

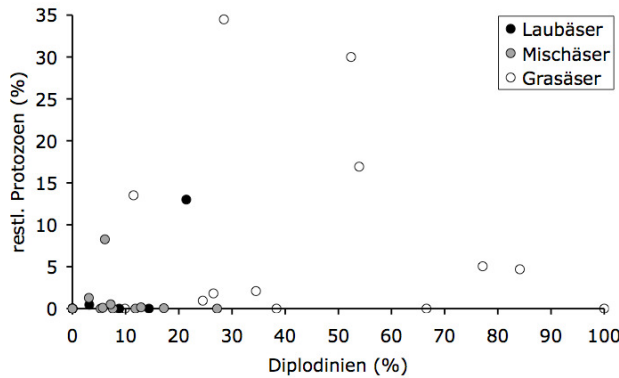
	Epidinien	Diplodinen	Holotriche	Restliche
<b>Entodinen</b> n SCC p	35 -0.134 0.444	35 -0.946 <b>&lt;0.001 ***</b>	35 -0.265 0.124	34 -0.497 <b>0.003 **</b>
<b>Epidinien</b> n SCC p		35 0.067 0.703	35 0.271 0.115	34 -0.036 0.841
<b>Diplodinen</b> n SCC p			35 0.268 0.120	34 0.435 <b>0.010 *</b>
<b>Holotriche</b> n SCC p				34 0.143 0.420



**Abb. 9a: Darstellung des Anteils der Entodinen (% aller Protozoen) und desjenigen der Diplodinen (%) bei Wiederkäuerarten unterschiedlichen Äsungstyps**



**Abb. 9b: Darstellung des Anteils der Entodinen (% aller Protozoen) und desjenigen der „restlichen Protozoen“ (%) bei Wiederkäuerarten unterschiedlichen Äsungstyps**



**Abb. 9c: Darstellung des Anteils der Diplodinen (% aller Protozoen) und desjenigen der „restlichen Protozoen“ (%) bei Wiederkäuerarten unterschiedlichen Äsungstyps**

### 5.2.3 Einfluss der Körpermasse

Die durchschnittlichen Körpermassen der untersuchten Tiere waren sehr unterschiedlich und lagen zwischen 2 und 904 kg. Daten, die eine Normalverteilung zeigten, wurden zusätzlich mit der logarithmierten Körpermasse korreliert (Pearson's correlation coefficient).

Es kamen keine ganz kleinen Wiederkäuer vor, welche vorwiegend Gras fressen, was aber nicht den Umkehrschluss zulässt, dass alle grossen Tiere einen hohen Grasanteil in der Nahrung aufwiesen. In der Datensammlung waren auch grosse Spezies vertreten, die kaum Gras aufnahmen (Abb. 10a). Dennoch war der Zusammenhang zwischen Körpermasse und dem Grasanteil in der natürlichen Äsung im Gesamtdatensatz signifikant (Tab. 23).

Es zeigte sich keine Korrelation zwischen der Körpermasse und der totalen Protozoenzahl (Tab. 23); wurden jedoch die Nullwerte ausgeschlossen, so ergab sich eine Tendenz zur Abnahme der Protozoenzahl mit der Körpermasse (Abb. 10b). Die Spezieszahl stieg signifikant mit der Körpermasse (Abb. 10c), ebenso der Anteil an Diplodinien (Abb. 10e) und Holotrichen (Abb. 10f). Hingegen sank der Anteil der Entodinium signifikant mit der Körpermasse (Abb. 10d).

**Tab. 23: Ergebnisse der Korrelationsanalyse von verschiedenen Werten mit der Körpermasse (in kg) (PCC=Pearson's Correlation Coefficient; SCC=Spearman's Correlation Coefficient)**

Körpermasse korreliert mit ...	Wiederkäuer-Spezies (n)	PCC	p	SCC	p
% Gras in der natürlichen Äsung	57	0.445	<b>0.001 **</b>	0.383	<b>0.003 **</b>
Gesamtzahl der Protozoen incl. 0-Werte (10 <sup>4</sup> /ml)	41	-0.235	0.140	-0.228	0.151
Gesamtzahl der Protozoen ohne 0-Werte (10 <sup>4</sup> /ml)	41	-0.300	0.056 (*)	-0.242	0.127
Anzahl der Protozoen-Spezies (n)	47	0.474	<b>0.001 **</b>	0.437	<b>0.002 **</b>
Anteil Entodinen (% Ges.-population)	36	-0.347	<b>0.038 *</b>	-0.525	<b>0.001 **</b>
Anteil Epidinen (% Ges.-population)	35	-	-	0.014	0.938
Anteil Diplodinien (% Ges.-population)	35	0.358	<b>0.035 *</b>	0.607	<b>&lt;0.001 ***</b>
Anteil Holotriche (% Ges.-population)	35	-	-	0.602	<b>0.001 **</b>
Anteil restl. Prot. (% Ges.-population)	34	-	-	0.269	0.125

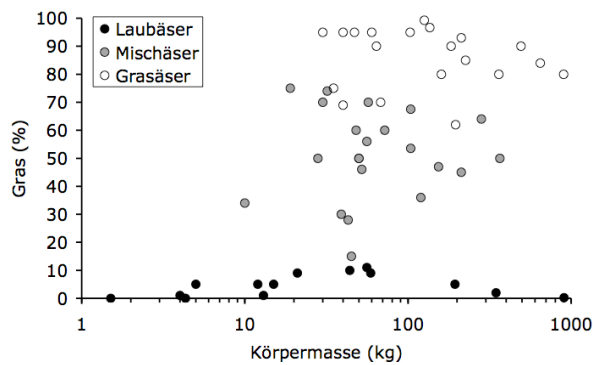


Abb. 10a: Darstellung der Körpermasse (kg) und des Grasanteils (%) in der natürlichen Äsung bei Wiederkäuerarten unterschiedlichen Äsungstyps

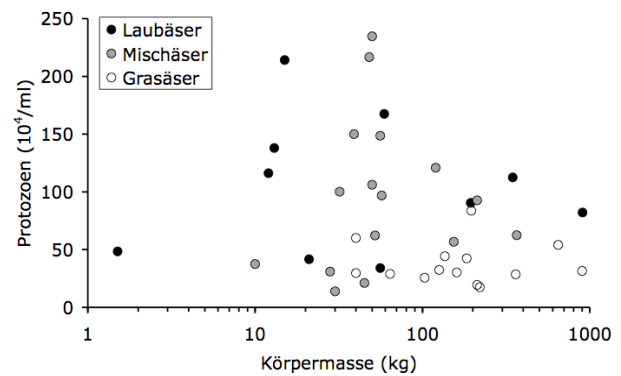


Abb. 10b: Darstellung der Körpermasse (kg) und der Gesamtzahl der Protozoen ( $10^4/\text{ml}$ , ohne 0-Werte) bei Wiederkäuerarten unterschiedlichen Äsungstyps

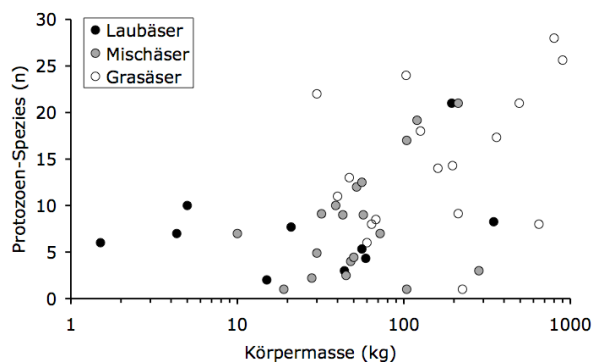


Abb. 10c: Darstellung der Körpermasse (kg) und der Anzahl an Protozoen-Spezies bei Wiederkäuerarten unterschiedlichen Äsungstyps

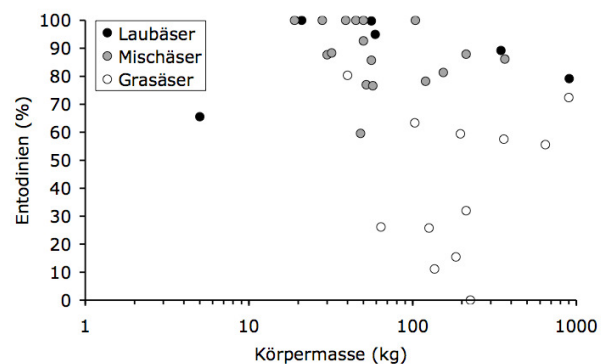


Abb. 10d: Darstellung der Körpermasse (kg) und des Anteils der Entodinen (% aller Protozoen) bei Wiederkäuerarten unterschiedlichen Äsungstyps

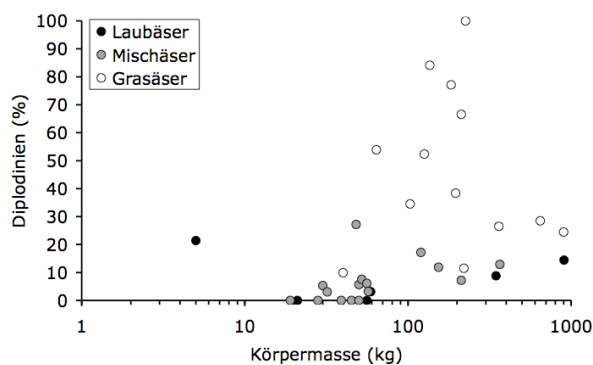


Abb. 10e: Darstellung der Körpermasse (kg) und des Anteils der Diplodinen (% aller Protozoen) bei Wiederkäuerarten unterschiedlichen Äsungstyps

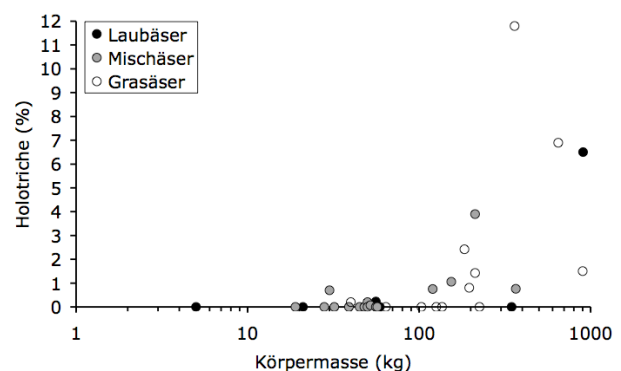


Abb. 10f: Darstellung der Körpermasse (kg) und des Anteils der Holotrichen (% aller Protozoen) bei Wiederkäuerarten unterschiedlichen Äsungstyps

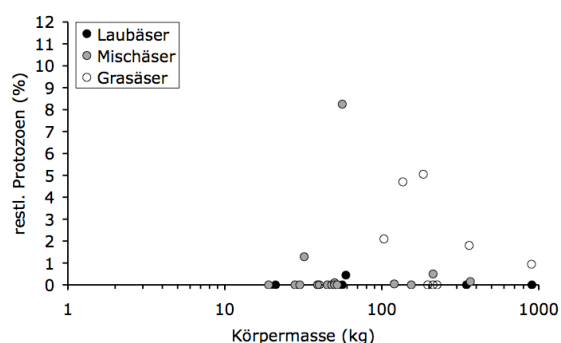


Abb. 10g: Darstellung der Körpermasse (kg) und des Anteils der „restlichen Protozoen“ (% aller Protozoen) bei Wiederkäuerarten unterschiedlichen Äsungstyps

## 5.2.4 Einfluss des Äsungstyps/ des Grasanteils in der Nahrung

Im Vergleich der drei kategorialen Äsungstypen ergaben sich verschiedene signifikante Unterschiede (ANOVA mit Post Hoc Test nach Sidak; Tab. 24). Dabei waren die Ergebnisse für Laub- und Mischäser in der Regel nicht voneinander unterschiedlich, unterschieden sich aber beide von den Grasäsern. Dies traf auf die Protozoenzahl, die Spezieszahl, den Anteil der Entodinien und Diplodinien zu. Nur bei den „restlichen Protozoen“ ähnelten sich die Laub- und Grasäser, während sich die Mischäser signifikant von den Gras-, nicht aber von den Laubäsern unterschieden. Die Körpermasse hingegen unterschied sich nicht signifikant (ANOVA  $p=0.060$ ).

**Tab. 24: Vergleich von Wildwiederkäuerarten unterschiedlicher Äsungstypen hinsichtlich der Protozoenfauna**

	Laubäser	Mischäser	Grasäser
Körpermasse (kg)	120 ± 246 n=14	90 ± 90 n=22	234 ± 253 n=22
Gesamtzahl der Protozoen incl. 0-Werte ( $10^4$ /ml)	105 ± 55 <sup>a</sup> n=12	90 ± 55 <sup>a</sup> n=16	38 ± 18 <sup>b</sup> n=14
Gesamtzahl der Protozoen ohne 0-Werte ( $10^4$ /ml)	116 ± 67 <sup>a</sup> n=11	97 ± 65 <sup>a</sup> n=16	38 ± 18 <sup>b</sup> n=14
Anzahl der Protozoen-Spezies (n)	7.5 ± 5.3 <sup>a</sup> n=10	8.2 ± 6.0 <sup>a</sup> n=19	15.9 ± 9.2 <sup>b</sup> n=18
Anteil Entodinien (% Ges.-population)	88.1 ± 13.5 <sup>a</sup> n=6	88.3 ± 11.4 <sup>a</sup> n=17	43.0 ± 25.7 <sup>b</sup> n=13
Anteil Epidinien (% Ges.-population)	0.4 ± 0.8 n=6	2.8 ± 4.1 n=16	1.6 ± 2.7 n=13
Anteil Diplodinien (% Ges.-population)	8.0 ± 8.6 <sup>a</sup> n=6	6.7 ± 7.5 <sup>a</sup> n=16	46.8 ± 28.4 <sup>b</sup> n=13
Anteil Holotriche (% Ges.-population)	1.1 ± 2.6 n=6	0.5 ± 1.0 n=16	1.5 ± 3.0 n=13
Anteil restl. Prot. (% Ges.-population)	2.2 ± 5.3 <sup>ab</sup> n=6	0.7 ± 2.1 <sup>a</sup> n=15	8.4 ± 11.9 <sup>b</sup> n=13

Es ergab sich eine negative Korrelation zwischen der Protozoenzahl und dem prozentualen Grasanteil in der Nahrung (Tab. 25, Abb. 11a). Dies bedeutet, dass viele Spezies, welche einen geringeren Grasanteil in ihrer Nahrung enthalten, eine grössere Ziliatenpopulation besitzen, als Grasäser. Die totale Protozoenzahl wies bei Grasanteilen von 0-60 % eine relativ grosse Streubreite auf, so dass bei den entsprechenden Spezies sehr hohe, aber auch sehr niedrige Zahlen gefunden wurden. Bei den Dikdiks, den Rehen oder den Grantgazellen wurden in der Literatur auch von gänzlich ziliatenfreien Individuen berichtet. Bei Grasanteilen über 60 % hingegen wurden keine hohen Protozoenzahlen mehr berichtet. Die Anzahl der Protozoenspezies hingegen stieg mit steigendem Grasanteil in der natürlichen Äsung (Abb. 11b).

Sowohl Diplodinien als auch „restliche Protozoen“ nahmen an der Gesamtpopulation mit steigendem Grasanteil in der natürlichen Äsung signifikant zu (Abb. 11df). Entodinien hingegen nahmen signifikant ab (Abb. 11c). Für Epidinien und Holotriche (Abb. 11e) ergab sich kein Trend.

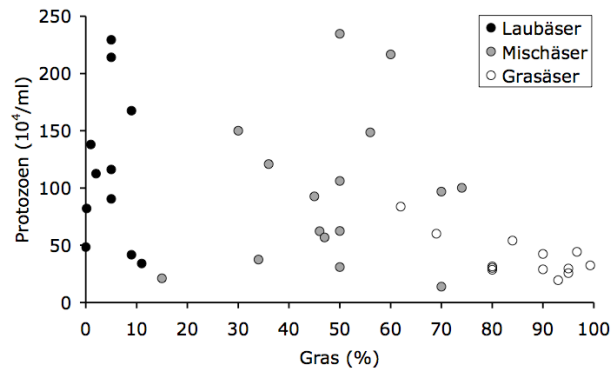
Es scheint bei Entodinien und Diplodinien nicht zu einem kontinuierlichen Abfall bzw. Anstieg zu kommen. Eine Erhöhung respektive Verminderung schien erst einzutreten, sobald der Grasanteil über 80 % anstieg. Dies bedeutet, dass Diplodinium bei geringerem Grasgehalt einen Anteil von weniger als 40 % ausmachte, welcher jedoch ab einem Grasanteil von 80 % auf bis zu 100 %



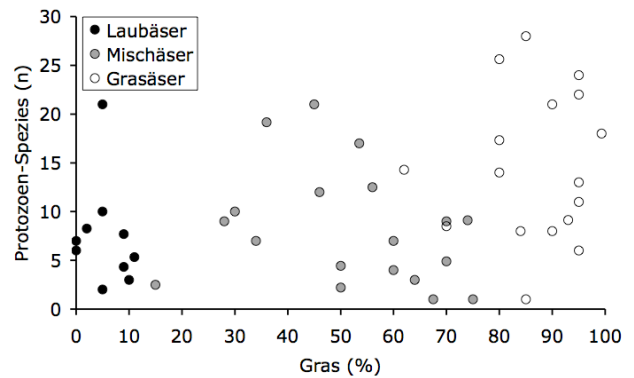
ansteigen kann, während Entodinium zwischen 60 % und 100 % liegen und ab einem Grasanteil von 80 % Grasgehalt bis auf Null abfallen können (Abb. 11cd).

**Tab. 25: Ergebnisse der Korrelationsanalyse von verschiedenen Werten mit dem Anteil an Gras in der natürlichen Äsung (PCC=Pearson's Correlation Coefficient; SCC=Spearman's Correlation Coefficient)**

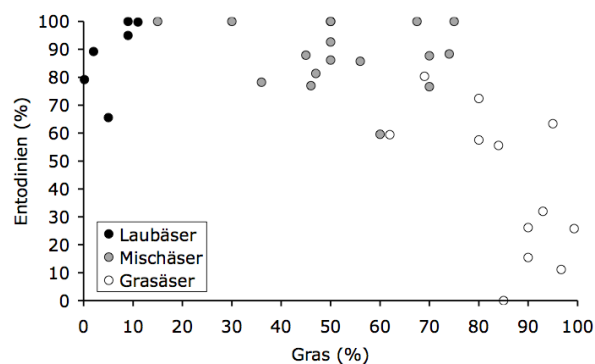
% Gras in der natürlichen Äsung korreliert mit ...	Wiederkäuer-Spezies (n)	PCC	p	SCC	p
<b>Gesamtzahl der Protozoen incl. 0-Werte (10<sup>4</sup>/ml)</b>	40	-0.454	<b>0.003 **</b>	-0.520	<b>0.001 **</b>
<b>Gesamtzahl der Protozoen ohne 0-Werte (10<sup>4</sup>/ml)</b>	40	-0.443	<b>0.004 **</b>	-0.520	<b>0.001 **</b>
<b>Anzahl der Protozoen-Spezies (n)</b>	46	0.323	<b>0.029 *</b>	0.328	<b>0.026 **</b>
<b>Anteil Entodiniien (% Ges.-population)</b>	35	-0.636	<b>&lt;0.001 ***</b>	-0.637	<b>&lt;0.001 ***</b>
<b>Anteil Epidiniien (% Ges.-population)</b>	35	-	-	0.014	0.940
<b>Anteil Diplodiniien (% Ges.-population)</b>	34	0.616	<b>&lt;0.001 ***</b>	0.608	<b>&lt;0.001 ***</b>
<b>Anteil Holotriche (% Ges.-population)</b>	34	-	-	0.062	0.729
<b>Anteil restl. Prot. (% Ges.-population)</b>	33	-	-	0.433	<b>0.012 *</b>



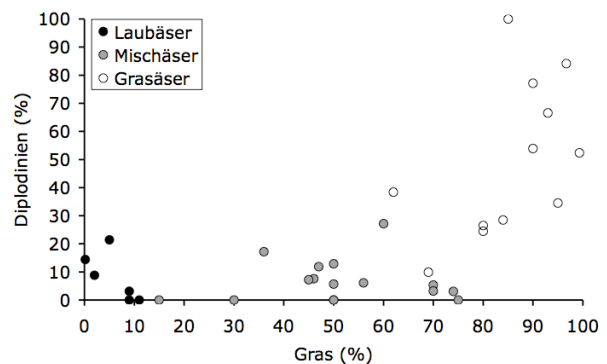
**Abb. 11a:** Darstellung des Grasanteils (%) der natürlichen Äsung und der Gesamtzahl der Protozoen ( $10^4/\text{ml}$ , ohne 0-Werte) bei Wiederkäuerarten unterschiedlichen Äsungstyps



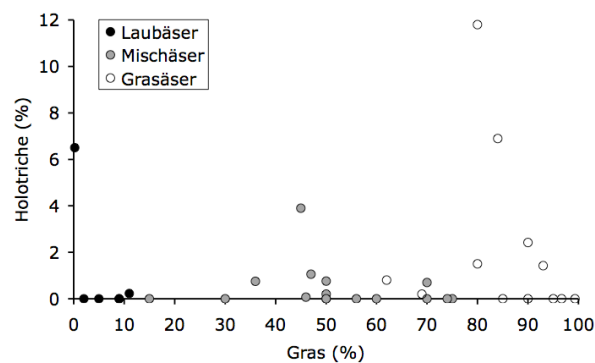
**Abb. 11b:** Darstellung des Grasanteils (%) der natürlichen Äsung und der Anzahl an Protozoen-Spezies bei Wiederkäuerarten unterschiedlichen Äsungstyps



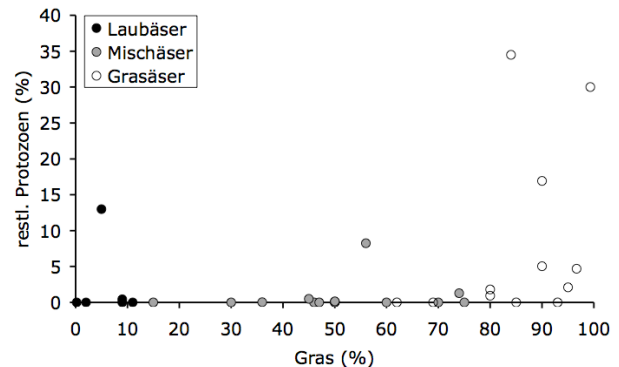
**Abb. 11c:** Darstellung des Grasanteils (%) der natürlichen Äsung und des Anteils der Entodinen (% aller Protozoen) bei Wiederkäuerarten unterschiedlichen Äsungstyps



**Abb. 11d:** Darstellung des Grasanteils (%) der natürlichen Äsung und des Anteils der Diplodinen (% aller Protozoen) bei Wiederkäuerarten unterschiedlichen Äsungstyps



**Abb. 11e:** Darstellung des Grasanteils (%) der natürlichen Äsung und des Anteils der Holotrichen (% aller Protozoen) bei Wiederkäuerarten unterschiedlichen Äsungstyps



**Abb. 11f:** Darstellung des Grasanteils (%) der natürlichen Äsung und des Anteils der „restlichen Protozoen“ (% aller Protozoen) bei Wiederkäuerarten unterschiedlichen Äsungstyps

---

## 6 DISKUSSION

### 6.1 Kritik der Methoden

#### 6.1.1 Herkunft der Tiere

Die Daten der einzelnen Publikationen waren nicht immer genau miteinander vergleichbar, da die einen Tiere aus der freien Wildbahn stammten, die anderen von Wildfarmen oder aus der Gefangenschaft, was mit einer unterschiedlichen Fütterung verbunden war, welche sich auf die Fauna auswirken konnte. Aufgrund der geringen Anzahl an Datensätzen wurde aber entschieden, die Tiere von Wildfarmen auch in die Gesamtauswertung aufzunehmen.

#### 6.1.2 Probengewinnung

Sowohl an Haus- (Ferber 1928; Warner 1962; Hobson et al. 1976) als auch an Wildwiederkäuern (Pearson 1965; Brüggemann et al. 1967; Pearson 1969; Westerling 1970; Kulkerni et al. 1971; Van Hoven 1975; Hobson et al. 1976; Van Hoven 1978; Drescher-Kaden 1981; Kamler 1999; Ichimura et al. 2004) wurde gezeigt, dass die Protozoenkonzentrationen im Pansen in der Vegetationsperiode höher sind als in den Wintermonaten, wobei diese nicht bei allen Tierarten gleich hoch ausfielen (Kamler 1999). Diese Differenzen lassen auf einen direkten Zusammenhang zwischen der Grünfutterverfügbarkeit oder dem Nährstoffgehalt und der Protozoenzahl schließen (Pearson 1969) (Kap. 3.2.4).

Ebenso lassen sich die saisonalen Schwankungen in der Zusammensetzung der Protozoengattungen mit Veränderungen in der Futterqualität in Verbindung bringen (Van Hoven 1978) (Kap 3.2.4), und im Zusammenhang mit den jahreszeitlichen Fluktuationen scheint auch die geographische Lage einen Einfluss zu besitzen (Kap 3.2.5). Auch besitzt das Paarungsverhalten einen Einfluss auf die Ziliatenkonzentration (Kap 3.2.4). Aufgrund der im Kapitel „Tägliche Schwankungen in der Protozoenpopulation“ (Kap 3.2.3) aufgezeigten diurnalen Fluktuationen der Protozoenkonzentration und der generischen Zusammensetzung könnten Entnahmen zu unterschiedlichen Zeiten verschiedene Resultate hervorbringen. Zudem wurde bis anhin nicht geklärt, wie die Protozoen im Pansen von Wildwiederkäuern verteilt sind. Aufgrund der Ergebnisse an domestizierten Tieren (Kap 3.2.6) und der unterschiedlichen Schichtung des Panseninhalts bei Wildwiederkäuern (Clauss et al. 2001; Tschuor & Clauss 2008; Clauss et al. 2009a; Clauss et al. 2009b; Clauss et al. 2009c) liegt der Verdacht nahe, dass diese auch bei Wildwiederkäuern unterschiedlich liegen und der Ort bzw. die Technik der Probennahme so die Ergebnisse beeinflussen könnten.

All die genannten Einflussfaktoren werden bei der Bildung eines Spezies-Mittelwertes anhand der Literaturdaten nicht berücksichtigt und stellen daher eine Fehlerquelle nicht abschätzbaren Ausmasses dar.

Zudem kommen Unterschiede in der Methodik zwischen den einzelnen Publikationen vor. Zur Gewinnung des Pansensaftes wurden die meisten Proben durch ein

---

mehrlagiges Käsetuch filtriert. Dieses besass über die Studien hinweg keine definierte Porengrösse, was dazu führen könnte, dass schon einige Protozoen zurückgehalten werden oder sich überproportional im Fasergeflecht des Baumwolltuches verfangen, und somit letztendlich die Ergebnisse verfälschen. Betroffen wären davon vorwiegend die grösseren Protozoen, welchen beispielsweise die Holotrichen angehören.

### 6.1.3 Bestimmungsmethode: Taxonomie

Wie schon im Kapitel 3.1.5 beschrieben, verlief die Einteilung der Protozoen nicht immer einheitlich und wurde im Laufe der Jahre einige Male geändert, so dass eine Spezies nicht unbedingt in allen Studien derselben Gattung zugeordnet wurde. Ein Beispiel, zu welchen Artefakten dies führen kann, könnten die Abb. 10fg aufzeigen, in denen Holotriche und „restliche Protozoen“ (letztere nicht signifikant) vor allem bei grösseren Wiederkäuern aufzutreten scheinen. Dieses Ergebnis könnte darauf hinweisen, dass in einigen Studien viele Holotriche nicht identifiziert und nur als „andere“ Protozoen aufgeführt wurden.

Auffällig ist auch, dass sich die Beziehung zwischen dem Anteil an Entodinen und den anderen Protozoen-Gruppen zwischen den Hausrindern und Hausschafen auf der einen Seite (Abb. 5 u. 7) und den Wildwiederkäuern auf der anderen Seite (Abb. 9) deutlich unterschied. Während bei den Hauswiederkäuern ein Zusammenhang zwischen Entodinium und Holotrichen gefunden werden konnte, war dies bei den Wildwiederkäuern nicht der Fall – hier war vielmehr ein Zusammenhang zwischen Entodinen und Diplodinen offensichtlich (Abb. 9). Ob dies ein Hinweis auf systematische, methodische Unterschiede in der Identifikation von Holotrichen und Diplodinen zwischen Studien zu Haus- und Wildwiederkäuern ist, oder ein Hinweis auf einen physiologischen Unterschied, kann hier nicht beantwortet werden. In zukünftigen Studien sollte jedenfalls auf eine genaue diagnostische Trennung dieser Gruppen Wert gelegt werden.

Die verschiedenen Faktoren dürften dazu beitragen, dass zum Beispiel innerhalb der Hausrinder kein Zusammenhang zwischen der Fütterung und verschiedenen Faktoren zu erkennen war (Abb. 3). Allerdings ist aufgrund der hohen Spezies-Anzahl bei den Wildwiederkäuern davon auszugehen, dass demonstrierte Trends oder Korrelationen ihre Gültigkeit haben – und zumindest als Anlass genommen werden sollten, die entsprechenden Zusammenhänge bei Bedarf durch kontrollierte Studien genauer zu untersuchen.

## 6.2 Diskussion der Ergebnisse

### ***Arbeitshypothese 1: Es existiert kein Zusammenhang zwischen dem Äsungstyp und der Protozoenkonzentration im Pansen.***

Die Arbeitshypothese konnte nicht bestätigt werden (Tab. 24, Abb. 11a). Im Gegensatz zu Laub- und Mischäsern zeigten Grasäser eine signifikant geringere Protozoen-Konzentration im Pansen.

In der Literatur wird häufig von grossen Populationen bei Tieren mit einem geringen Grasanteil in der Nahrung berichtet (Hungate 1966; Grubb & Dehority 1975; 1988b;

---

Varel & Dehority 1989; Towne et al. 1990a, b; Franzolin & Dehority 1996) sowie von signifikant höheren Protozoenkonzentrationen bei Tiere mit einer Typ A-Population gegenüber von Tieren mit einer Typ B- oder gemischten A-B-Population (Towne et al. 1988b). Dies stimmt mit der Beobachtung von höheren Protozoenzahlen bei domestizierten Tieren und Laub- und Mischäsern gegenüber Grasäsern überein.

Dikdik und die Grantgazelle zeigten im Mittel die höchsten Konzentrationen an Protozoen, wobei dabei die Tiere *ohne* Protozoen im Pansen nicht berücksichtigt wurden. Wurden hingegen auch die Nullwerte in die Berechnung der Mittelwerte mit einbezogen, fanden sich die grössten Ziliatenzahlen im Pansen von Buschduckern und von Impalas.

In dieser Beobachtung könnte ein weiterer Hinweis für eine Protozoenübertragung zwischen adulten Tieren liegen, die zu höheren Ziliatenkonzentrationen führt. Eigentlich würde aufgrund vielfacher Spekulationen in der Literatur vermutet, dass Laubäser die grösste Fauna besitzen müssten; das Impala hingegen wird den Mischäsern zugeteilt und beherbergt dennoch mehr Protozoen als die meisten untersuchten Laubäser. Impalas leben in Herden, welche zum Teil sehr nahe beieinander stehen, weshalb ein reger Austausch von Mikroorganismen durchaus denkbar und plausibel wäre.

Bei den Rehen, Thomson-Gazellen, Grantgazellen und bei den Günthers Dikdik, kamen Tiere ohne Protozoen im Pansen vor. Eine mögliche Erklärung dafür wäre, dass diese Einzelfälle sich in der Brunft befanden und durch die verminderte Futteraufnahme defauniert wurden (Brüggemann et al. 1967). Ein weiterer Erklärungsansatz könnte in der Zusammensetzung des Futters liegen, die protozoenunfreundliche Inhaltsstoffe enthalten könnten, wie Saponine (Monforte-Briceño et al. 2005). Diese Hypothesen lassen sich anhand der Artikel jedoch nicht überprüfen.

Beide Gazellenarten bilden grössere Herdenverbände, welche sich bei den Thompsongazellen oft neu formatieren, indem sich kleine Gruppen abspalten und neuen anschliessen. Ein mangelnder Kontakt unter den Tieren und eine dadurch spärliche Übertragung von Protozoen kann also nicht vermutet werden. Rehe und Dikdiks hingegen leben solitär und territorial, so dass sie eventuell nicht in häufigen Kontakt zu Artgenossen - und damit zu Protozoen - kommen und so defaunieren könnten.

Die geringste Population wurde beim japanischen Serau ermittelt. Diese Tiere leben in kleineren Truppen, sind standorttreu und werden oft in Sträuchern oberhalb der Waldgrenze gefunden. Daher könnte spekuliert werden, dass sie nur in einen geringen Kontakt zu Protozoen anderer Wiederkäuer kommen, was die kleine Ziliatenkonzentration erklären würde. Zudem wurde von Drescher und Kaden (1981) gezeigt, dass im Alpenraum die Protozoenzahl aufgrund der unterschiedlichen Rohnährstoffzusammensetzung zu verschiedenen Jahreszeiten grosse Schwankungen erleidet. Je nach Zeitpunkt der Probenentnahme, könnte dadurch ebenfalls die geringe Population erklärt werden.

In Abb. 8a zeigte sich die negative Korrelation zwischen der Protozoenkonzentration und dem prozentualen Grasanteil in der Nahrung. Bei Laub- und Mischäsern kamen auch vergleichsweise hohe Ziliatenzahlen vor, während sie bei Grasäsern niedrig waren. Aufgrund dieser Beobachtung scheint es nahe liegend, dass die natürliche Äsung einen Einfluss auf die Populationsgrösse ausübt. Der Grund dafür ist wohl in der unterschiedlichen Zusammensetzung von Gras und Laub zu suchen. Gras enthält in der Regel weniger Proteine (Dougall et al. 1964) und mehr Fasern mit

---

einem höheren Anteil von langsam fermentierender Zellulose als Laub, während Letzteres eher Lignin besitzt (Short et al. 1974; Oldemeyer et al. 1977; Robbins 1993; Hummel et al. 2006). Beide weisen vergleichsweise tiefe Gehalte an leichtverdaulichen Kohlenhydraten, wie Zucker und Stärke, auf (Robbins 1993), wohingegen Pektin und leichtverdauliche Strukturen in der Laubzellwand prominenter sind (Robbins 1993). Aufgrund der unterschiedlichen Zellwandstruktur wird Laub während der initialen Phase der Fermentation schneller fermentiert als Gras (Johnson 1976; Holechek et al. 2004; Hummel et al. 2006), weshalb wohl zu einem Zeitpunkt mehr Nährstoffe für die Protozoen zur Verfügung stehen und diese Tiere zu einer grösseren Ziliatenkonzentration tendieren (Hungate 1966; Giesecke & Van Gylswyk 1975; Dehority & Orpin 1997). Verschiedenste Untersuchungen an Hauswiederkäuern zeigten einen positiven Effekt von leichter verfügbaren Nährstoffen auf die Protozoenkonzentration (Kap 3.2.8.3). Eine Identifikation der für die höheren Protozoenkonzentrationen bei Laub- und Mischäser verantwortlichen Nährstoffe steht noch aus.

Ausserdem konnte gezeigt werden, dass eine frequentere Fütterung, wohl aufgrund der konstanteren Pansenbedingungen und permanenter Verfügbarkeit von Nährstoffen, zu einer erhöhten Protozoenkonzentration führt (Kap. 3.2.8.2). Da Laubäser zu einer häufigeren Futteraufnahme neigen als Grasäser (Hummel et al. 2006) könnte dies ein weiterer Grund für deren grössere Ziliatenpopulation sein.

Es wurde gezeigt, dass der Säuregehalt einer der vorherrschenden Faktoren für die Anzahl der Protozoen im Pansen ist (Purser & Moir 1959b). Dieser hängt unter anderem von der Speichelflüssigkeit ab. Jones et al. (2001) fanden niedrigere pH-Werte im Pansen von Laubäsern im Vergleich zu Grasäsern. Dies könnte mit dem postulierten vermehrten Wiederkauen und damit höheren Speichelfluss bei den Grasäsern und dem darum höheren Flüssigkeitsdurchsatz erklärt werden. Allerdings würde man aufgrund eines höheren pH-Wertes mehr Protozoen erwarten, nicht weniger (Kap 3.2.8.5). Vermutlich ist die Bandbreite des pH-Wertes im Pansen bei Wildwiederkäuern nicht gross genug, um wie bei intensiv gefütterten Hauswiederkäuern einen wesentlichen Einfluss auf die Protozoenzahl auszuüben.

Abschliessend kann die erste Arbeitshypothese nicht bestätigt werden; die vorliegenden Daten deuten an, dass zwar bei allen Äsungstypen Individuen mit niedrigen Protozoenkonzentrationen vorkommen, dass jedoch besonders hohe Werte nur bei den Laub- und Mischäsern erreicht werden. Grasäser haben, wie es scheint, konsistent niedrige Protozoenkonzentrationen.

### ***Arbeitshypothese 2: Es existiert kein Zusammenhang zwischen der Körpermasse und der Protozoenkonzentration im Pansen.***

Wie aus Abb. 10b ersichtlich, ergibt sich keine Korrelation zwischen der Körpermasse und der Protozoenkonzentration. Da das Pansenvolumen nahezu linear mit der Körpermasse ansteigt (Demment 1982; Clauss et al. 2003), die Oberflächenvergrösserung der Pansenschleimhaut aber nicht mit der Körpermasse zunimmt (Clauss et al. 2009c), ergibt sich für grössere Wiederkäuer ein kleineres Oberflächen:Volumen-Verhältnis im Pansen. Aus diesen beiden Überlegungen ergibt sich die Vermutung, dass ein höheres Oberflächen:Volumen-Verhältnis (mit mehr Möglichkeiten zur Sequestrierung an die Pansenwand) keinen positiven Effekt auf die Protozoenkonzentration hat.

Die Tatsache, dass sich trotz des schwachen Zusammenhangs zwischen der Körpermasse und dem Anteil an Gras in der natürlichen Äsung (Abb. 10a) und des

---

Zusammenhangs zwischen dem Anteil an Gras in der natürlichen Äsung und der Protozoenkonzentration (Abb. 11a) die Körpermasse nicht signifikant mit der Protozoenkonzentration korreliert spricht dafür, dass es tatsächlich ein Effekt der Nahrung und nicht der Grösse des Tieres an sich ist.

***Arbeitshypothese 3: Laubäser weisen eine geringere Diversität der Protozoanfauna auf als Grasäser.***

Die Speziesanzahl lag in dieser Studie zwischen 1 und 35. Am grössten war die Diversität bei den Sambars, welche den Mischäsern angehören. Dies scheint etwas erstaunlich zu sein, da bis anhin postuliert wurde, dass ein hoher Grasanteil die grösste Diversität erzeugt (Hungate 1966; Giesecke & Van Gylswyk 1975; Dehority & Orpin 1997). Eine mögliche Erklärung läge darin, dass die tatsächliche Grasaufnahme des Sambar in der Literatur unterschätzt wurde.

Die in der Literatur oft zitierte Aussage von einer vielfältigeren generischen Zusammensetzung der Fauna bei zunehmendem Grasanteil in der Diät (Hungate 1966; Giesecke & Van Gylswyk 1975; Singh et al. 1993; Dehority & Orpin 1997) konnte in dieser Studie bestätigt werden. Allerdings liegt die Vermutung nahe, dass es sich vor allem um einen Effekt der Körpermasse handelt.

***Arbeitshypothese 4: Grössere Wiederkäuer-Spezies weisen eine höhere Diversität der Protozoanfauna auf als kleinere Spezies.***

Aus Abb. 10c wird der signifikant positive Zusammenhang zwischen der Körpermasse der Tiere und deren Anzahl Protozoenarten ersichtlich.

Dieselbe Korrelation konnte auch bei parasitären Protozoen beobachtet werden. Es wurde deshalb spekuliert, dass schwerere Wirte mit ihren grösseren absoluten Volumina des Magen-Darm-Traktes (Parra 1978; Demment 1982; Clauss et al. 2007) grössere Habitate darstellen, eine höhere Vielfalt von Nischen bieten und so mehr Parasitenspezies beherbergen können (Ezenwa et al. 2006). Diese Vermutung könnte auch auf symbiotische Protozoen übertragen werden. Die Grösse der verfügbaren Nische ist also wichtiger für die Diversität als die aufgenommene Nahrung.

***Arbeitshypothese 5: Es besteht kein Zusammenhang zwischen der Protozoenkonzentration und der Protozoen-Diversität.***

Beim Vergleich der gesamten absoluten Protozoenzahl und der Anzahl Gattungen konnte nur ein schwacher Bezug zwischen diesen beiden Grössen hergeleitet werden (Abb. 8a); hohe Diversität trat dabei nur bei niedrigeren Protozoenkonzentrationen auf. Dass eine geringe Artenzahl mit hohen Protozoenkonzentrationen auftritt, könnte die Hypothese verschiedener Autoren (Eadie 1967; Coleman et al. 1972) bestätigen, welche von einem gegenseitigen Ausschluss verschiedener Spezies untereinander ausgeht. Eine hohe Protozoenkonzentration könnte somit durch besonders günstige Bedingungen für einige (wenige) Protozoenarten erreicht werden, wobei daher aber eine grosse Anzahl anderer Arten verdrängt wird.

**Arbeitshypothese 6: Mit ansteigendem Anteil an Nicht-Gräsern in der natürlichen Äsung nimmt der Anteil von *Entodinium* spp. an der Protozoenfauna zu.**

Die statistische Bestätigung dieser Hypothese stellt ein wesentliches, erwartetes Ergebnis dieser Arbeit dar.

Die Pansenziliatenpopulation wurde aufgrund ihres Verhaltens in Faunentypen eingeteilt (Eadie 1956, 1962a; Imai et al. 1978, 1979; Ogimoto & Imai 1981; Williams & Coleman 1992) (Tab. 26). Typ A beinhaltet *P. multivesiculatum*, *Ophryoscolex*, *Diploplastron affine* und meist, aber nicht immer, *Metadinium affine*. Zu Typ B zählen *Epidinium* spp., *Eu. (Eremoplastron) maggi*, und *Eu. bovis*.

Einige Autoren (Eadie 1962b; Abou Akkada et al. 1969; Dehority 1978; Imai et al. 1979; Ogimoto & Imai 1981; Towne et al. 1988a) berichteten von der Dominanz der Typ A-Population bei domestizierten Wiederkäuern. Im Gegensatz dazu wurde die Typ B-Population bei verschiedenen Wildwiederkäuern gefunden, wie Büffeln (Dehority 1979; Towne et al. 1988a), Moschusochsen (Dehority 1974, 1985), Rothirschen (Prins & Geelen 1971) und afrikanischen Antilopen (Van Hoven 1983) (Tab. 27). Bei der Betrachtung dieser Ergebnisse fällt auf, dass die Tiere mit der Typ B-Population alle den Grasäsern oder Mischäsern angehören, aber keine Laubäser vertreten sind. Dies lässt den Schluss zu, dass der Grasanteil in der Nahrung eine Rolle dafür spielen könnte, welche Gattungen vertreten sind. Nach Hristov et al. (2001) sind einige Protozoen-Gattungen, die zum Faunentyp B zählen, besonders pH-empfindlich. Dies könnte erklären, weshalb dieser Faunentyp nicht bei (in der Regel intensiv gefütterten) Hauswiederkäuern oder bei Laubäsern mit ihrem vermutlich niedrigeren pH im Pansen (Jones et al. 2001) auftritt.

**Tab. 26: Protozoen-Faunentypen in der Literatur**

Typ	Spezies	Eigenschaften	Quelle
A	<i>P. multivesiculatum</i> , <i>Ophryoscolex</i> , <i>Diploplastron affine</i> , <i>Metadinium affine</i>	Dominant über Typ B, höhere Protozoenkonzentrationen als Typ B, AB	(Eadie 1956, 1962a; Imai et al. 1978, 1979; Ogimoto & Imai 1981; Towne et al. 1988a; Towne et al. 1988b; Williams & Coleman 1992)
AB			(Eadie 1956, 1962a; Imai et al. 1978, 1979; Ogimoto & Imai 1981; Williams & Coleman 1992)
B	<i>Epidinium</i> spp. <i>Eu. Maggi</i> , <i>Eu. bovis</i>		(Eadie 1956, 1962a; Imai et al. 1978, 1979; Ogimoto & Imai 1981; Williams & Coleman 1992)
K	<i>Elytroplastron bubalis</i>		(Eadie 1956, 1962a; Imai et al. 1978, 1979; Ogimoto & Imai 1981; Williams & Coleman 1992)
O	Keine Spezies aus A, B, K		(Eadie 1956, 1962a; Imai et al. 1978, 1979; Ogimoto & Imai 1981; Williams & Coleman 1992)

**Tab. 27: Auflistung von Wiederkäuern aus verschiedenen Studien mit zugehörigem Faunentyp**

Wiederkäuer	Typ	Quelle
Rinder aus Japan	A	(Imai et al. 1979; Ogimoto & Imai 1981)
Rinder aus fernöstlichen Ländern	A	(Imai et al. 1979; Ogimoto & Imai 1981)
Rinder aus der Türkei	A	(Imai et al. 1979; Ogimoto & Imai 1981)
Domestizierte Schafe	A	(Eadie 1962b)
Domestizierte Rinder	A	(Eadie 1962a; Abou Akkada et al. 1969; Dehority 1978; Towne et al. 1988a)
Domestizierte Rinder	AB	(Eadie 1962a; Abou Akkada et al. 1969; Dehority 1978; Towne et al. 1988a)
Büffel	B	(Dehority 1979; Towne et al. 1988a)
Moschusochsen	B	(Dehority 1974, 1985)
Rothirsche	B	(Prins & Geelen 1971)
afrikanische Antilopen	B	(Van Hoven 1983)
Weidetiere	O	(Lyle et al. 1981b; Dennis et al. 1983)



---

Immer wieder wird in der Literatur postuliert, dass Entodinen bei einem geringen Grasanteil in der Nahrung einen grossen Prozentsatz der Protozoen ausmachen (Hungate 1966; Grubb & Dehority 1975; 1988b; Varel & Dehority 1989; Towne et al. 1990a, b; Franzolin & Dehority 1996; Clauss & Lechner-Doll 2001). Dieser Zusammenhang konnte sowohl im zwischenartlichen Vergleich der Wildwiederkäuer (Abb. 10d) als auch beim Hausrind (Abb. 4a) gezeigt werden. Immer wieder wurde dies damit erklärt, dass Laub einen hohen Gehalt an löslichen, schnell fermentierbaren Stoffen aufweist, welche durch die Pansenbakterien einfach und schnell fermentiert werden können. Diese Stoffe finden bei domestizierten Tieren ihre Entsprechung im Konzentratfutter. Dies sollte jedoch nicht dahingehend missverstanden werden, dass die natürlich Äsung von Laubäsern auffällige Gemeinsamkeiten mit einem typischen Konzentratfutter aufweist. Vielmehr spricht vor allem das Muster der Abnahme von Entodinium mit steigendem Grasanteil dafür, dass ab einem Grasanteil von ca. 80 % die Bedingungen für andere Protozoen so günstig werden, dass die Dominanz der Entodinen in der Gesamtfaua zurückgeht. Insbesondere das mit einem hohen Grasanteil vermeintlich einhergehende vermehrte Wiederkauen (Van Soest 1994a), und der bei Grasäsern vermeintlich höhere Flüssigkeitsdurchsatz bei längerer Partikelretention (Clauss et al. 2006b; Hummel et al. 2008) könnten demnach für andere Protozoengruppen günstige Bedingungen schaffen.

Ein in der Literatur immer wieder angeführter Grund für das Vorherrschen von Entodinen im Pansen von Laubäsern ist eine vermeintlich kürzere Passage bei diesem Äsungstyp und zugleich eine vermeintlich besonders kurze Generationszeit bei Entodinen im Vergleich zu anderen Protozoengruppen (Dehority et al. 1999a; Clauss & Lechner-Doll 2001; Dehority & Odenyo 2003; Behrend et al. 2004). Auch wenn es verschiedene Hinweise für kürzere *Partikel*-Passagen bei Laubäsern gibt (Clauss et al. 2006b; Hummel et al. 2006), so gibt es bislang keine vergleichende Datensammlung, anhand derer die Protozoen gemäss ihrer Generationszeit eingeteilt werden könnten (Tab. 5)(Kap 3.1.18). Ein Test dieses Erklärungsansatzes im Unterschied zwischen Laub- und Grasäsern müsste darum zum Beispiel einen experimentellen Ansatz mit in vitro-Kultivierung von Protozoen und simulierten, unterschiedlichen Passagezeiten beinhalten. Allerdings gälte dabei zu beachten, dass die Passage der *Flüssigkeit* bei vielen Grasäsern nicht langsamer oder mitunter sogar schneller ist als bei Laubäsern (Clauss et al. 2006b).

Augrund des Zusammenhangs von Entodinen und Epidinen bei Rindern (Abb. 5a) könnte man vermuten, dass diese beiden Gruppen sich ähnlich verhalten. Das Vorkommen von Epidinen bei den Wildwiederkäuern ist allerdings vermutlich zu gering, um dies zu bestätigen.

#### **Arbeitshypothese 7: Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Entodinium spp. und der Körpermasse.**

Wie Abb. 10d zeigt, stellt sich, wider Erwarten, ein signifikanter negativer Zusammenhang zwischen der Körpermasse und dem Anteil an *Entodinium* spp. ein; allerdings ist die grosse Streuung der Werte zu beachten. Es könnte sich einerseits ein Effekt des vermehrten Grasanteils in der natürlichen Äsung grosser Wiederkäuerspezies handeln (Abb. 10a), oder aber um einen Hinweis auf andere Effekte. So könnte das Oberflächen:Volumen-Verhältnis im Pansen einen Einfluss auf das Auftreten von Entodinium haben, oder der insgesamt grössere Lebensraum im voluminöseren Pansen ermöglicht generell mehr verschiedenen Protozoen-Arten

---

das Überleben (Abb. 10c), so dass keine einzelne Gruppe die Fauna dominieren kann.

**Arbeitshypothese 8: Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Äsungstyp und dem Auftreten von Holotrichen.**

Die Ergebnisse zu dieser Hypothese sind widersprüchlich. Beim Hausrind ergibt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Anteil Rohfutter in der Ration und dem Auftreten von Holotrichen – je mehr Rohfutter gefüttert wird, desto eher treten Holotriche auf (Abb. 4a). Bei den Wildwiederkäuern hingegen ist kein deutlicher Zusammenhang zwischen Holotrichen und dem Anteil Gras in der natürlichen Nahrung zu erkennen (Abb. 11e).

Wenn man davon ausgeht, dass Holotriche insbesondere an der Vormagenwand sequestrieren, mit dem Eintreffen neuen Futters in den Panseninhalt migrieren und sich später wieder an die Pansenwand zurückziehen (Abe et al. 1981), so könnte man vermuten, dass für diese Protozoen die Migration besonders wichtig ist. Eine solche Migration könnte umso leichter erscheinen, je weniger viskös der Vormageninhalt ist. Dies bedeutet, dass ein höherer Anteil an Futter, das zum Wiederkauen und der damit verbundenen Speichelsekretion führt, zwar einerseits die Flüssigkeitspassage erhöhen dürfte, andererseits aber auch für einen weniger viskösen Panseninhalt sorgt und damit die Migration und das Sequestrieren erleichtert. Die Ergebnisse bei den Wildwiederkäuern sind aber nicht deutlich genug (Abb. 11e), um einen solchen Zusammenhang postulieren zu können.

Interessant ist in dieser Hinsicht, dass sich bei den Wildwiederkäuern der höchste mittlere Holotrichen-Anteil beim Yak (*Bos grunniens*, 12 %) ergab; Einzelwerte, die über diesen Mittelwert hinausgehen (s. Appendix) kamen nur bei Rinderartigen vor – beim Yak (15 %), beim Bison (*Bison bison*, 20 %), beim Wasserbüffel (*Bubalus bubalis*, 25 %) und beim Zebu (*Bos indicus*, 26 %). Rinderartige zeichnen sich unter den Wiederkäuern anscheinend durch einen besonders hohen Flüssigkeitsdurchsatz durch den Pansen aus (Clauss et al. 2006a; Clauss et al. 2006b; Schwarm et al. 2008; Clauss et al. 2009b). Ob dieser hohe Flüssigkeitsdurchsatz eine Bedingung für das vermehrte Auftreten von Holotrichen ist, kann hier allerdings nicht beantwortet werden.

Bei den Hauswiederkäuern zeigt sich ein ähnliches Muster, allerdings auf einem anderen Niveau: Während bei Rindern Anteile von Holotrichen von bis zu 50 % demonstriert wurden (Abb. 5c), reicht der Anteil bei Schafen nur bis 20 % (Abb. 7b). Damit liegen die Hausschafe zwar im Bereich der Rinderartigen unter den Wildwiederkäuern, unterscheiden sich aber von den Hausrindern noch einmal deutlich. Bemerkenswert ist, dass die Holotrichen dabei bei Rindern insbesondere bei Rohfutter-Rationen vorkommen (Abb. 3e) – ein direkter Effekt eines für die Nutztierhaltung typischen Konzentratfutters ist damit auszuschliessen.

Jeder Migrationsschritt ist theoretisch mit einem Auswaschen der Holotrichen Protozoen verbunden. Je häufiger also eine Migration auftritt, desto mehr Organismen würden mit der Flüssigkeit aus dem Pansen ausgewaschen werden. Auch aufgrund dieser Beobachtungen könnte erklärt werden, weshalb bei Laubäsern keine Holotrichen auftreten. Laubäser fressen häufiger als Grasäser (Hummel et al. 2006). Dies bedeutet, dass sich die Holotrichen bei den Laubäsern aufgrund der ständigen Migration gar nicht etablieren können, weil sie dauernd ausgewaschen werden. Zudem scheint der Panseninhalt von Laubäsern visköser zu sein, als derjenige von Grasäsern. Durch diesen Umstand scheint eine Sequestration erschwert zu sein, was deren Ausspülen zusätzlich erleichtert. Bei den Grasäsern

---

hingegen könnte es den Holotrichen leichter gelingen, durch den flüssigen Panseninhalt zu migrieren und sich so vor dem Auswaschen zu schützen.

**Arbeitshypothese 9: Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Holotrichen und der Körpermasse.**

Im Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Holotrichen und der Körpergrösse zeigte sich, dass Tiere unter 100 kg keine oder nur einen sehr geringen Anteil an Holotrichen besaßen; erst Tiere deren Körpergewicht darüber lag, besaßen mehr Holotriche (Abb. 10f). Somit kann diese Hypothese bestätigt werden. Geht man davon aus, dass vor allem Rinderartige den Holotrichen ideale Lebensbedingungen bieten (s.o.), so ist dieser Trend verständlich, da Rinderartige zu den grossen Wiederkäuern zählen. In dieser Hinsicht wäre eine Untersuchung von Zwerggrindern und insbesondere von Anoas (*Bubalis depressicornis*) – den kleinsten Wildrindern – interessant.

Wenn man davon ausgeht, dass insbesondere Holotriche sich an der Pansenwand anheften und hier sequestrieren (Abe et al. 1981) (Kap 3.2.7), so könnte ein Grund für den beobachteten Zusammenhang sein, dass bei grösseren Tieren absolut mehr Pansenoberfläche zur Verfügung steht – ungeachtet des Oberflächen:Volumen-Verhältnisses. Allerdings sei nochmals darauf hingewiesen, dass aufgrund des gegenläufigen Musters bei den „restlichen Protozoen“ auch vermutet werden könnte, dass der beobachtete Effekt eine Folge unterschiedlicher Bestimmungspraktiken für die Protozoen ist (Kap 6.1.3).

**Arbeitshypothese 10: Mit ansteigendem Anteil an Gräsern in der natürlichen Äsung nimmt der Anteil von Diplodinium spp. an der Protozoenfauna zu.**

Wie in der Abb. 11d ersichtlich ist, kann auch die Arbeitshypothese 10 bestätigt werden. Es zeigt sich deutlich, dass Laubäser nur einen sehr geringen Anteil an Diplodinium besitzen, während sich ihre Zahl bei steigendem Grasanteil erhöht. Auch bei Hausrindern kann ein positiver Zusammenhang zwischen dem Rohfutter-Anteil und dem Anteil von Diplodiniiden an der Gesamtf fauna gefunden werden (Abb. 3d).

Verschiedene Gründe können für dieses Muster herangezogen werden. Diplodiniiden sind unter anderem spezialisiert auf die Aufnahme von zellulosereichem Material (Kap 3.2.8.5). Die Fermentation von Zellulose wurde von Hungate (1942) in in-vitro Studien mit *D. neglectum* gezeigt. Ohne einen Zellulosezusatz kam es bei dieser Spezies zu keinem Wachstum.

Diplodiniiden haben eine hohe Affinität zur partikulären Phase im Pansen (Kap 3.2.7), die bei Grasäsern besonders selektiv retiniert wird (Clauss et al. 2006b; Hummel et al. 2008); und sie sind besonders empfindlich gegen Sauerstoff (Kap 3.1.10). Wenn man davon ausgeht, dass bei Grasäsern der Flüssigkeitseintrag in den Pansen besonders hoch ist (Clauss et al. 2006b; Hofmann et al. 2008; Clauss et al. 2009c), dann könnte im Umkehrschluss postuliert werden, dass aufgrund des hohen Feuchtigkeitsgehaltes der Panseninhalt von Grasäsern besonders anaerobe Bedingungen stellt, die für das Wachstum von Diplodiniiden ideal sind. Solche Vermutungen könnten durch Versuche an fistulierten Tieren, denen unterschiedliche Mengen Flüssigkeit in den Vormagen infundiert werden, getestet werden.

Die positiven Korrelationen zwischen dem Anteil von Diplodiniiden und dem der Holotrichen deuten darauf hin, dass diese beiden Gruppen sich ähnlich verhalten. Bei den Hauswiederkäuern Rind und Schaf werden allerdings nicht so hohe Diplodiniiden-Anteile gefunden (maximal ca. 20 %) wie bei den Wildwiederkäuern (bis

---

100 %). Bei den auf Gras spezialisierten Wildwiederkäuern fällt dabei auf, dass der mittlere Anteil der Diplodiniiden bei den Rinderartigen (Yak, Bison, Wasserbüffel) mit 25 % bis 29 % unter dem Bereich der anderen grösseren Grasäser (Kuhantilopen, Kuh-, Ried- und Pferdeböcke, Moschusochse) mit 35 % bis 100 % liegt. Einzelwerte (s. Appendix) vom Bison (81 %) und Wasserbüffel (56 %) liegen jedoch in letzterem Bereich. Dass es eine Besonderheit von Rinderartigen ist, Holotrichen im Vergleich zu Diplodiniiden günstigere Lebensbedingungen zu bieten, ist daher eine der aus dieser Arbeit abgeleiteten Hypothesen.

**Arbeitshypothese 11: Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von *Diplodinium* spp. und der Körpermasse.**

Wie die Abbildung 10e zeigt, stellt sich, wider Erwarten, ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Körpermasse und dem Anteil an *Diplodinium* spp. ein. Wie bei Entodiniiden könnte dies einerseits ein Effekt des vermehrten Grasanteils in der natürlichen Äsung grosser Wiederkäuerspezies sein (Abb. 10a), oder aber auf andere Effekte wie das Oberflächen:Volumen-Verhältnis im Pansen hinweisen. Im Gegensatz zu der Situation bei den Holotrichen tragen die Rinderartigen nicht überproportional zu diesem Muster bei.

**Arbeitshypothese 12: Das Vorkommen von *Entodinium* spp. und *Diplodinium* spp. verhält sich reziprok zueinander.**

Wie in Abb. 9a ersichtlich, stellt sich zwischen den beiden Gattungen Entodinium und Diplodinium eindeutig eine Dichotomie ein. Anhand der folgenden Beispiele soll gezeigt werden, dass dies auch intraspezifisch – saisonal bedingt – so ist.

Van Hoven (1978) bringt das gegenseitige An- und Absteigen mit Veränderungen in der Futterqualität in Verbindung: in der Regenzeit, wo die Pflanzen einen höheren Gehalt an löslichen Zellinhaltsstoffen (lösliche Kohlenhydrate) und Proteinen enthalten, sollten Protozoen vorherrschen, die auf solche Substanzen spezialisiert sind (wie Entodinium, welche lösliche Zellinhaltsstoffe aktiv aufnehmen und verwerten können). Wenn das Futter viele Faseranteile (vorwiegend Strukturkohlenhydrate wie Zellulose) enthält, sinkt die Zahl der Protozoen, die dieses Substrat nicht nutzen können (wie Entodiniiden) stärker ab als die von solchen Gattungen, die dieses Substrat zum Teil verwerten können (wie Diplodinium). Diese Hypothese bestätigte dieser Autor an Buntböcken, bei welchen im Sommer Entodinium vorherrschten, während in den übrigen Jahreszeiten Diplodinium die dominante Gattung war. Bei Diplodinium wurden die höchsten Konzentrationen im Winter gefunden, mit einem Abfall zum Sommer hin und einem nachfolgenden Anstieg. Entodinium zeigte einen entgegen gesetzten Verlauf. Dieselbe Beobachtung wurde auch schon an Gamsen und Rothirschen (Drescher-Kaden 1981), Rentieren (Westerling 1970) und Weisswedelhirschen (Pearson 1965) gemacht. Es existieren aber auch Untersuchungen an Leierantilopen (Van Hoven 1975), an Sikahirschen (Ichimura et al. 2004), an Rehen und Rothirschen (Brüggemann et al. 1967) in denen Diplodinium im Sommer anstieg und im Winter abfiel, während Entodinium in allen Jahreszeiten die dominante Gattung war. Hier scheint das Erklärungsschema nicht zu greifen

Aufgrund dieser Beobachtungen kann davon ausgegangen werden, dass die Zusammensetzung des Futters eine wichtige Rolle spielt. Aufgrund dessen ordnete Oshio (1987) die Ziliaten von Hauswiederkäuern in drei Gruppen. Diplodinium teilte er der Gruppe zu, welche bei einem Heu- zu Rauhfutteranteil von 1:1 ihr Optimum

---

hatte, und *Entodinium* der Gruppe, die sogar bei Rationen mit hohem Konzentratanteil überlebten.

Bei der Entstehung der negativen Korrelation zwischen *Diplodinium* und *Entodinium* scheinen neben der Futterzusammensetzung noch weitere Faktoren von Bedeutung zu sein. Dehority (1984) zeigte an Schafen und Rindern den Einfluss des Probenmaterials auf das Resultat der gefundenen Fauna auf. So ist die Konzentration von *Entodinium* spp. in der flüssigen Fraktion signifikant höher, während diejenige von *Diplodinium* spp. und *Ophryoscolex* spp. in der festen Fraktion signifikant höhere Werte erreicht. Es könnte spekuliert werden, dass bei einer faserreichen Diät der Anteil der festen Fraktion zunimmt, so dass diese auch im Probenmaterial dominiert und somit die Diplodinen stärker vertreten sind. Wie im Kapitel „Retentionsmechanismen“ wurde aber bereits eine Anheftung von *Entodinium* an Partikel nachgewiesen, was im Widerspruch zu oberen Ergebnissen steht (Bauchop & Clarke 1976). Tageszeitbedingte Fluktuationen können nicht für die negative Korrelation herangezogen werden, da beide Gattungen die selben Fluktuationen zu zeigen scheinen (Michalowski 1977).

---

## 7 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Anhand der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit können, ausgehend von der publizierten Datenlage, folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

1. Es existiert kein offensichtlicher Zusammenhang zwischen dem Äsungstyp und der Protozoenkonzentration im Pansen. Geringe Konzentrationen an Pansenprotozoen kommen bei allen Äsungstypen vor. Allerdings ist auffällig, dass ausgesprochen hohe Konzentrationen nur bei den Laub- und Mischäsern, nicht aber bei den Grasäsern auftreten.
2. Es konnte keine Korrelation zwischen der Körpermasse und der Protozoenkonzentration nachgewiesen werden. Daraus kann geschlossen werden, dass die Protozoenkonzentration ein Effekt der Nahrung und nicht der Grösse des Tieres ist.
3. In dieser Studie konnte die in der Literatur oft zitierte Aussage von einer vielfältigeren generischen Zusammensetzung der Fauna bei zunehmendem Grasanteil in der Nahrung formell bestätigt werden. Die grösste Diversität besitzt ein Mischäser, der Sambar.
4. Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Körpermasse der Tiere und der Anzahl der Protozoenarten im Pansen.
5. Es konnte nur ein schwacher Bezug zwischen der Protozoenkonzentration und der Protozoendiversität beobachtet werden. Dabei treten hohe Diversitäten nur bei niedrigen Protozoenkonzentrationen auf.
6. Mit ansteigendem Anteil an Nicht-Gräsern in der natürlichen Äsung nimmt der Anteil von *Entodinium* spp. an der Protozoenfauna zu.
7. Mit ansteigendem Anteil an Gräsern in der natürlichen Äsung nimmt der Anteil von *Diplodinium* spp. an der Protozoenfauna zu, was sowohl auf Wild-, als auch auf Hauswiederkäuer zutrifft.
8. Es besteht eine eindeutige Dichotomie zwischen den beiden Gattungen *Entodinium* und *Diplodinium*, welche sogar intraspezifisch (Saisonal bedingt) besteht.
9. Es existiert ein negativer Zusammenhang zwischen der Körpermasse und dem Anteil an *Entodinium* spp.
10. Bei den Hausrindern besteht eine positive Korrelation zwischen dem Anteil an Rauhfutter und dem Auftreten der Holotrichen, während bei den Wildwiederkäuern kein Zusammenhang zwischen Holotrichen und dem Äsungstyp gezeigt werden kann.

Die Ergebnisse belegen einen Einfluss der natürlichen Äsung auf die Protozoenfauna. Die Bedeutung von Diplodiniern für Wildwiederkäuer, und die Besonderheiten bei Hausrindern, die das vermehrte Auftreten von Holotrichen bei dieser Gruppe bei Rauhfutter begünstigen, sollten weiter erforscht werden.

---

## 8 LITERATURVERZEICHNIS

- Abe M, Kumeno F (1973) In vitro simulation of rumen fermentation: apparatus and effects of dilution rate and continuous dialysis on fermentation and protozoal population. *Journal of Animal Science* 36:941-948
- Abe M, Shibui H, Iriki T, Kumeno F (1973) Relation between diet and protozoal population in the rumen. *British Journal of Nutrition* 29:197-202
- Abe M, Iriki T, Tobe N, Shibui H (1981) Sequestration of holotrich protozoa in the reticulo-rumen of cattle. *Applied and Environmental Microbiology* 41:758-765
- Abe M, Suzuki Y, Okano H, Iriki T (1983) Specific difference in fluctuation pattern of holotrich concentration in the rumen of cattle, goat and sheep. *Japanese Journal of Zootechnical Science* 54:457-462
- Abe M, Nakagawa Y, Iriki T (1986) Comparison of the nature among different sites in the rumen of cows fed rations differing in hay-concentrate ratio. *Japanese Journal of Zootechnical Science* 57:395-403
- Abe M, Iriki T (1989) Mechanism whereby holotrich ciliates are retained in the reticulo-rumen of cattle. *British Journal of Nutrition* 62:579-587
- Abel H, Schröder B, Lebzien P, Flachowsky G (2006) Effects of defaunation on fermentation characteristics and biotin balance in an artificial rumen-simulation system (RUSITEC) receiving diets with different amounts and types of cereal. *British Journal of Nutrition* 95:99-104
- Abou Akkada AR, Hobson PN, Howard BH (1959) Carbohydrate fermentation by rumen oligotrich protozoa of the genus *Entodinium*. *Journal of Biochemistry* 73:44-45
- Abou Akkada AR, Howard BH (1960) The biochemistry of rumen protozoa. 3. The carbohydrate metabolism of *Entodinium*. *Journal of Biochemistry* 76:445-451
- Abou Akkada AR, Howard BH (1961) The biochemistry of rumen protozoa. 4. Decomposition of pectic substances. *Journal of Biochemistry* 78:512-517
- Abou Akkada AR, Bartley EE, Fina LR (1969) Ciliate protozoa in the rumen of the lactating cow. *Journal of Dairy Science* 52:1088-1091
- Abouakkada AR, El-Shazly K (1964) Effect of absence of ciliate protozoa from the rumen on microbial activity and growth of lambs. *Applied Microbiology* 12:384-390
- Agarwal N, Kamra DN, Kewalramani N, Pathak NN (1996) Effect of feeding maize grain with berseem on enzymes activities and ciliate protozoa in the rumen of black buck (*Antelope cervicapra*). *International Journal of Animal Science* 11:21-23
- Allen MS (1997) Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. *Journal of Dairy Science* 80:1447-1462
- Ankrah P, Loerch SC, Dehority BA (1990) Sequestration, migration and lysis of protozoa in the rumen. *Journal of General Microbiology* 136:1869-1875
- Asanuma N, Iwamoto M, Hino T (1999) Effect of the addition of fumarate on methane production by ruminal microorganisms in vitro. *Journal of Dairy Science* 82:780-787
- Bach A, Calsamiglia S, Stern MD (2005) Nitrogen metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science* 88 Suppl 1:E9-21
- Bailey RW, Clarke RT (1963) Carbohydrases of the rumen oligotrich *Eremoplastron bovis*. *Nature* 199:1291-1292
- Banerjee AK (1955) Studies on parasitic ciliates from Indian ruminants. *Proceedings of the Zoological Society of Bengal* 8:87-101
- Bauchop T, Clarke RT (1976) Attachment of the ciliate *Epidinium Crawley* to plant fragments in the sheep rumen. *Applied and Environmental Microbiology* 32:417-422
- Bauchop T (1979) The rumen ciliate *Epidinium* in primary degradation of plant tissues. *Applied and Environmental Microbiology* 37:1217-1223
- Beauchemin KA, Kreuzer M, O'Mara F, A MAT (2008) Nutritional Management for enteric methane abatement: a review. *Australian Journal of Experimental Agricultural* 48:21-27
- Becker ER, Schultz JA, Emmerson MA (1929) Experiments on the physiological relationships between the stomach infusoria of ruminants and their hosts, with a bibliography. *Iowa State College Journal of Science* 4:215-251
- Becker ER, Everett RC (1930) Comparative growths of normal and infusoria-free lambs. *American Journal of Hygiene* 11:362-370
- Behrend A, Lechner-Doll M, Streich WJ, Clauss M (2004) Seasonal faecal excretion, gut fill, liquid and particle marker retention in mouflon *Ovis ammon musimon*, and a comparison with roe deer *Capreolus capreolus*. *Acta Theriologica* 49:503-515
- Bird SH, Leng RA (1983) The influence of the absence of rumen protozoa on ruminant production. In: Farrell DJ, Vohra P (eds) Recent advances in animal nutrition in Australia. University of New England Publishing Unit, Armidale, Australia, pp 110-118
- Bird SH, Leng RA (1984) Further studies on the effects of the presence or absence of protozoa in the rumen on live-weight gain and wool growth of sheep. *British Journal of Nutrition* 52:607-611
- Blancou J, Bonhomme A, Barrat J, Pons N (1984) Microfauna du rumen des herbivores sauvages etude preliminaire sur le chevreuil et le chamois. *Revue de Medecine Veterinaire (Toulouse)* 135:141-148
- Blaxter KL, Graham NM (1956) The effect of the grinding and cubing process on the utilization of the energy of dried grass. *Journal of Agricultural Science* 47:207
- Bonhomme A (1990) Rumen ciliates: Their metabolism and relationships with bacteria and their hosts. *Animal Feed Science and Technology* 30:203-266

- Bonhomme-Florentin A, Blancou J, Latteur B (1978) Etude des variations saisonnières de la microfaune du rumen de zébus. *Protistologica* 14:283-289
- Boodoo A, Hulman B, Preston TR, Leng RA (1978) Effect of an anti-protozoal agent on performance of growing calves fed on a molasses based diet. *Tropical Animal Production* 3:134-139
- Borges PA, Dominguez-Bello MG, Herrera EA (1996) Digestive physiology of wild capybara. *Journal of Comparative Physiology B* 166:55-60
- Borhami BE, el-Shazly K, Abou Akkada AR, Ahmed IA (1967) Effect of early establishment of ciliate protozoa in the rumen on microbial activity and growth of early weaned buffalo calves. *Journal of Dairy Science* 50:1654-1660
- Bowman JG, Firkins JL (1993) Effects of forage species and particle size on bacterial cellulolytic activity and colonization in situ. *Journal of Animal Science* 71:1623-1633
- Bragg DS, Murphy MR, Davis CL (1986) Effect of source of carbohydrate and frequency of feeding on rumen parameters in dairy steers. *Journal of Dairy Science* 69:392-402
- Brooks CC, Garner GB, Gehrke CW, Muhrer ME, Pfander WH (1954) *Journal of Animal Science* 13:758
- Brüggemann J, Giesecke D, Walser-Käst K (1967) Beiträge zur Wildbiologie und vergleichenden Tierphysiologie. II. Mikroorganismen im Pansen von Rothirsch (*Cervus elaphus*) und Reh (*Capreolus capreolus*). *Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde* 23:143-151
- Bryant MP, Small N, Bouma C, Robinson IM (1958) Studies on the composition of the ruminal flora and fauna of young calves. *Journal of Dairy Science* 41:1747-1767
- Bryant MP, Small N (1960) Observation on ruminal microorganisms of isolated and inoculated calves. *Journal of Dairy Science* 43:654-667
- Bryant MP, Robinson IM, Lindahl IL (1961) A note on the flora and fauna in the rumen of steers fed a feedlot bloat-provoking ration and the effect of penicillin. *Applied Microbiology* 9:511-515
- Bryant MP (1970) Normal flora-rumen bacteria. *American Journal of Clinical Nutrition* 23:1440-1450
- Bucholtz HF, Bergen WG (1973) Microbial phospholipid synthesis as a marker for microbial protein synthesis in the rumen. *Applied Microbiology* 25:504-513
- Buffenstein R, Yahav S (1991) The effect of diet on microfaunal population and function in the caecum of a subterranean naked mole-rat. *British Journal of Nutrition* 65:249-258
- Buisson J (1923) Sur quelques infusoires nouveaux ou peu connus parasites des mammifères. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée* 1:209-246
- Buisson J (1924) Quelques infusoires parasites d'antélopes africaines. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée* 2:155-160
- Bull LS (1971) *Proc Univ Md Nutr Conf Feed Mfrs* 20
- Burggraaf W, Leng RA (1980) Anti-protozoal effects of surfactant detergents in the rumen of sheep. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 23:287-291
- Bush M, Kofoed CA (1948) Ciliates from the Sierra Nevada bighorn sheep, *Ovis canadensis sierrae* Grinne. University of California (Berkeley) Publications in Zoology 53:237-262
- Butler GW, Bailey RW (1973) Chemistry and biochemistry of herbage. Academic Press, London
- Cameron SL (2003) Taxonomy and phylogeny of endosymbiotic ciliates (Ciliophora: *Litostomatea*) associated with Australian herbivorous marsupials. *International Journal for Parasitology* 33:347-355
- Cantalapiedra-Hijar G, Yanez-Ruiz DR, Martin-Garcia AI, Molina-Alcaide E (2009) Effects of forage:concentrate ratio and forage type on apparent digestibility, ruminal fermentation, and microbial growth in goats. *Journal of Animal Science* 87:622-631
- Carl GR, Brown RD (1983) Protozoa in the forestomach of the collared peccary (*Tayassu tajacu*). *Journal of Mammalogy* 64:709
- Chamberlain DG, Thomas PC, Anderson FJ (1980) Rumen fermentation pattern and protozoal counts in sheep given silage and silage and barley diets. *Proceedings of the Nutrition Society* 39:29A
- Chamberlain DG, Thomas PC, Anderson FJ (1983) Volatile fatty acid proportions and lactic acid metabolism in the rumen in sheep and cattle receiving silage diets *Journal of Agricultural Science* 101:47-58
- Cheng KJ, Stewart CS, Dinsdale D, Costerton JW (1983/84) Electron microscopy of bacteria involved in the digestion of plant cell walls. *Animal Feed Science and Technology* 10:93-120
- Cheng KJ, McAllister TA, Kudo H, Costerton JW (1990) The importance of adhesion in the microbial digestion of plant materials. In: Hoshino S, Onodera R, Minato H, Itabashi H (eds) *The rumen ecosystem. The microbial metabolism and its regulation*. Japan Scientific Societies Press, Springer Verlag, Tokyo, pp 129-135
- Cheng KJ, Forsberg CW, Minato H, Costerton JW (1991) Microbial ecology and physiology of feed degradation within the rumen. In: *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants: Proceedings of the seventh International Symposium on Ruminant Physiology*. Academic Press, pp 595-624
- Cheng TC (1986) Ciliophora: the ciliates. In: *General Parasitology*, 2 edn. Academic Press, Orlando, Florida, pp 234-251
- Christiansen WC, Woods W, Burroughs W (1964) Ration characteristics influencing rumen protozoa populations. *Journal of Animal Science* 23:984
- Christiansen WC, Kawashima R, Burroughs W (1965) Influence of protozoa upon the rumen acid production and liveweight gains in lambs. *Journal of Animal Science* 24:730-734
- Christl H (1955) Beiträge zur Kenntnis der Panseninfusorien einheimischer Wiederkäuer. I. Gemse (*Rupicapra rupicapra* L.). *Zeitschrift für Parasitenkunde* 17:185-192
- Church DC (1976) Digestive physiology and nutrition of ruminants, 2 edn. O&B Books, Corvallis, OR
- Clarke RT (1965a) Diurnal variations in the number of ciliate protozoa in cattle. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 8:1-9



- 
- Clarke RT (1965b) Quantitative studies of digestion in the reticulo-rumen. III. Fluctuations in the numbers of rumen protozoa and their possible role in bloat. *Proceedings New Zealand Society of Animal Production* 25:96-103
- Clarke RT, Hungate RE (1966) Culture of the rumen holotrich ciliate *Dasytricha ruminantium* Schuberg. *Applied Microbiology* 14:340-345
- Clarke RT, Hungate RE (1977) Protozoa in the rumen ecosystem. In: Clarke RT, Bauchop T (eds) *Microbial ecology of the gut*. Academic Press, New York, pp 251-275
- Clarke RT, Ulyatt MJ, John A (1982) Variation in numbers and mass of ciliate protozoa in the rumens of sheep fed chaffed alfalfa (*Medicago sativa*). *Applied and Environmental Microbiology* 43:1201-1204
- Clarke RTJ (1964) Studies on the flora and fauna of the bovine rumen. In: Massey Univ of Manawatu, New Zealand
- Clauss M, Lechner-Doll M (2001) Differences in selective reticulo-ruminal particle retention as a key factor in ruminant diversification. *Oecologia* 129:321-327
- Clauss M, Lechner-Doll M, Behrend A, Lason K, Lang D, Streich WJ (2001) Particle retention in the forestomach of a browsing ruminant, the roe deer *Capreolus capreolus*. *Acta Theriologica* 46:103-107
- Clauss M, Lechner-Doll M, Streich WJ (2003) Ruminant diversification as an adaption to the physicomachanical characteristics of forage. A reevaluation of an old debate and a new hypothesis. *Oikos* 102:253-262
- Clauss M, Hofmann RR, Hummel J, Adamczewski J, Nygren K, Pitra C, Streich WJ, Reese S (2006a) Macroscopic anatomy of the omasum of free-ranging moose (*Alces alces*) and muskoxen (*Ovibos moschatus*) and a comparison of the omasal laminal surface area in 34 ruminant species. *Journal of Zoology (London)* 270:346-358
- Clauss M, Hummel J, Streich WJ (2006b) The dissociation of the fluid and particle phase in the forestomach as a physiological characteristic of large grazing ruminants: an evaluation of available, comparable ruminant passage data. *European Journal of Wildlife Research* 52:88-98
- Clauss M, Hummel J, Völlm J, Lorenz A, Hofmann RR (2006c) The allocation of a ruminant feeding type to the okapi (*Okapia johnstoni*) on the basis of morphological parameters. In: Fidgett A et al. (eds) *Zoo Animal Nutrition*, vol 3. Filander Verlag, Fürth, pp 253-270
- Clauss M, Schwarm A, Ortmann S, Streich WJ, Hummel J (2007) A case of non-scaling in mammalian physiology? Body size, digestive capacity, food intake, and ingesta passage in mammalian herbivores. *Comparative Biochemistry and Physiology A* 148:249-265
- Clauss M, Hofmann RR, Streich WJ, Fickel J, Hummel J (2008a) Higher masseter mass in grazing than in browsing ruminants. *Oecologia* 157:377-385
- Clauss M, Kaiser T, Hummel J (2008b) Morphophysiological adaptations of browsing and grazing mammals. In: Prins HHT, Gordon IJ (eds) *The ecology of mammalian grazing and browsing*. Springer, Heidelberg, pp 47-88
- Clauss M, Fritz J, Bayer D, Hummel J, Streich WJ, Südekum K-H, Hatt JM (2009a) Physical characteristics of rumen contents in two small ruminants of different feeding type, the mouflon (*Ovis ammon musimon*) and the roe deer (*Capreolus capreolus*). *Zoology* 112:195-205
- Clauss M, Fritz J, Bayer D, Nygren K, Hammer S, Hatt JM, Südekum K-H, Hummel J (2009b) Physical characteristics of rumen contents in four large ruminants of different feeding type, the addax (*Addax nasomaculatus*), bison (*Bison bison*), red deer (*Cervus elaphus*) and moose (*Alces alces*). *Comparative Biochemistry and Physiology A* 152:398-406
- Clauss M, Hofmann RR, Fickel J, Streich WJ, Hummel J (2009c) The intraruminal papillation gradient in wild ruminants of different feeding types: implications for rumen physiology. *Journal of Morphology* (in press):DOI: 10.1002/jmor.10729
- Coleman GS (1960a) The cultivation of sheep rumen oligotrich protozoa in vitro. *Journal of General Microbiology* 22:555-563
- Coleman GS (1960b) Effect of penicillin on the maintenance of rumen oligotrich protozoa. *Nature* 187:518-520
- Coleman GS (1969) The metabolism of starch, maltose, glucose and some other sugars by the rumen ciliate *Entodinium caudatum*. *Journal of General Microbiology* 57:303-332
- Coleman GS, Hall FJ (1969) Electron microscopy of the rumen ciliate *Entodinium caudatum*, with special reference to the engulfment of bacterial and other particulate matter. *Tissue Cell* 1:607-618
- Coleman GS (1972) The metabolism of starch, glucose, amino acids, purines, pyrimidines and bacteria by the rumen ciliate *Entodinium simplex*. *Journal of General Microbiology* 71:117-131
- Coleman GS, Davies JI, Cash MA (1972) The cultivation of the rumen ciliates *Epidinium ecaudatum caudatum* and *Polyplastron multivesiculatum* in vitro. *Journal of General Microbiology* 73:509-521
- Coleman GS, Hall FJ (1972) Fine structural studies on digestion of bacterial species in the rumen ciliate, *Entodinium caudatum*. *Tissue Cell* 4:37-48
- Coleman GS, Laurie JI (1974) The metabolism of starch, glucose, amino acids, purines, pyrimidines and bacteria by three *Epidinium* spp. isolated from the rumen. *Journal of General Microbiology* 85:244-256
- Coleman GS (1975) *In symbiosis*. Cambridge University Press, Cambridge
- Coleman GS, Laurie JI (1976) The uptake and metabolism of glucose, maltose and starch by the rumen ciliate *Epidinium ecaudatum caudatum*. *Journal of General Microbiology* 96:364-374
- Coleman GS, Laurie JI (1977) The metabolism of starch, glucose, amino acids, purines, pyrimidines and bacteria by the rumen ciliate *Polyplastron multivesiculatum*. *Journal of General Microbiology* 98:29-37
- Coleman GS (1979a) The role of rumen protozoa in the metabolism of ruminants given tropical feeds. *Tropical Animal Production* 4:199-213
- Coleman GS (1979b) Rumen ciliate protozoa. In: Levandrowsky M, Hutner SH (eds) *Biochemistry and Physiology of Protozoa*, 2 edn. Academic Press, New York, pp 381-408
- Coleman GS (1980) Rumen ciliate protozoa. *Advances in Parasitology* 18:121-173

- 
- Coleman GS, Sandford DC, Beahon S (1980) The degradation of polygalacturonic acid by rumen ciliate protozoa. *Journal of General Microbiology* 120:295-300
- Crha J, Hrabě V, Koubek P (1985) Rumen ciliate fauna in the chamois (*Rupicapra rupicapra* L.). *Acta Veterinaria Brno* 54:141-147
- Czerkawski JW (1969) Methane production in ruminants and its significance. *World Review of Nutrition and Dietetics* 11:240-282
- Czerkawski JW (1973) Effect of linseed oil fatty acids and linseed oil on rumen fermentation in sheep. *Journal of Agricultural Science* 81:517-531
- Czerkawski JW, Christie WW, Breckenridge G, Hunter ML (1975) Changes in the rumen metabolism of sheep given increasing amounts of linseed oil in their diet. *British Journal of Nutrition* 34:25-44
- De Smet S, Demeyer DI, Van Nevel CJ (1992) Effect of defaunation and hay: concentrate ratio on fermentation, fibre digestion and passage in the rumen of sheep. *Animal Feed Science and Technology* 37:333
- Dehority BA (1970) Occurrence of the ciliate protozoa *Butschlia parva* Schuberg in the rumen of the ovine. *Applied Microbiology* 19:179-181
- Dehority BA, Purser DB (1970) Factors affecting the establishment and numbers of holotrich protozoa in the ovine rumen. *Journal of Animal Science* 30:445-449
- Dehority BA (1974) Rumen ciliate fauna of Alaskan moose (*Alces americana*), musk-ox (*Ovibos moschatus*) and Dall mountain sheep (*Ovis dalli*). *Journal of Protozoology* 21:26-32
- Dehority BA, Males JR (1974) Rumen fluid osmolality: evaluation of its influence upon the occurrence and numbers of holotrich protozoa in sheep. *Journal of Animal Science* 38:865-870
- Dehority BA (1975) Rumen ciliate protozoa of Alaskan reindeer and caribou (*Rangifer tarandus* L.). In: *Proceedings of the 1st international Reindeer and Caribou Symposium*, vol. Special Report no. 1. Biological Papers of The University of Alaska, Fairbanks, Alaska, pp 241-250
- Dehority BA (1978) Specificity of rumen ciliate protozoa in cattle and sheep. *Journal of Protozoology* 25:509-513
- Dehority BA, Mattos WR (1978) Diurnal changes and effect of ration on concentrations of the rumen ciliate *Charon ventriculi*. *Applied and Environmental Microbiology* 36:953-958
- Dehority BA (1979) Ciliate protozoa in the rumen of Brazilian water buffalo, *Bubalus bubalis* Linnaeus. *Journal of Protozoology* 26:536-544
- Dehority BA, Damron WS, McLaren JB (1983) Occurrence of the rumen ciliate *Oligoisotricha bubali* in domestic cattle (*Bos taurus*). *Applied and Environmental Microbiology* 45:1394-1397
- Dehority BA (1984) Evaluation of subsampling and fixation procedures used for counting rumen protozoa. *Applied and Environmental Microbiology* 48:182-185
- Dehority BA (1985) Rumen ciliates of musk-oxen (*Ovibos moschatus* Z.) from the Canadian Arctic. *Journal of Protozoology* 32:246-250
- Dehority BA (1986a) Protozoa of the digestive tract of herbivorous mammals. *Insect Science and its Application* 7:279-296
- Dehority BA (1986b) Microbes in the foregut of Arctic ruminants. In: Milligan LP, Grovum WL, Dobson A (eds) *Control of digestion and metabolism in ruminants*. Reston Book, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., pp 307-325
- Dehority BA (1986c) Rumen ciliate fauna of some Brazilian cattle: occurrence of several ciliates new to the rumen, including the cycloposthid *Parentodinium africanum*. *Journal of Protozoology* 33:416-421
- Dehority BA (1987) Rumen ophryoscolecoid protozoa in the hindgut of the capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*). *Journal of Protozoology* 34:143-145
- Dehority BA, Orpin CG (1988) Development of, and natural fluctuations in, rumen microbial populations. In: Hobson PN (ed) *The rumen microbial ecosystem* Elsevier Applied Sciences, London, pp 151-183
- Dehority BA, Tirabasso PA (1989) Factors affecting the migration and sequestration of rumen protozoa in the family Isotrichidae. *Journal of General Microbiology* 135:539-548
- Dehority BA (1990) Rumen ciliate protozoa in Ohio white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*). *Journal of Protozoology* 37:473-475
- Dehority BA (1993) *Laboratory manual for classification and morphology of rumen ciliate protozoa*, 1 edn. CRC Press, Florida
- Dehority BA (1994) Rumen ciliate protozoa of the blue duiker (*Cephalophus monticola*), with observations on morphological variation lines within the species *Entodinium dubardi*. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 41:103-111
- Dehority BA (1995) Rumen ciliates of the pronghorn antelope (*Antilocapra americana*), mule deer (*Odocoileus hemionus*), white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) and elk (*Cervus canadensis*) in the north Western United States. *Archiv für Protistenkunde* 146:29-36
- Dehority BA (1996) A new family of entodiniomorph protozoa from the marsupial forestomach, with descriptions of a new genus and five new species. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 43:285-295
- Dehority BA, Orpin CG (1997) Development of, and natural fluctuations in, rumen microbial populations. In: Hobson PN, Stewart CS (eds) *The rumen microbial ecosystem* 2edn. Chapman & Hall, London, pp 196-245
- Dehority BA (1998) Generation times of *Epidinium caudatum* and *Entodinium caudatum*, determined in vitro by transferring at various time intervals. *Journal of Animal Science* 76:1189-1196
- Dehority BA, Demarais S, Osborn DA (1999a) Rumen ciliates of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*), axis deer (*Axis axis*), sika deer (*Cervus nippon*) and fallow deer (*Dama dama*) from Texas. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 46:125-131
- Dehority BA, Grings EE, Short RE (1999b) Effects of cross-inoculation from elk and feeding pine needles on the protozoan fauna of pregnant cows: occurrence of *Parentodinium africanum* in domestic U.S. cattle (*Bos taurus*). *Journal of Eukaryotic Microbiology* 46:632-636

- Dehority BA, Odenyo AA (2003) Influence of diet on the rumen protozoal fauna of indigenous African wild ruminants. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 50:220-223
- Dehority BA (2004) In vitro determination of generation times for *Entodinium exiguum*, *Ophryoscolex purkynjei* and *Eudiplodinium maggii*. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 51:333-338
- Dehority BA (2005) Effect of pH on viability of *Entodinium caudatum*, *Entodinium exiguum*, *Epidinium caudatum*, and *Ophryoscolex purkynjei* in vitro. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 52:339-342
- Demeyer DI, Henderson C, Prins RA (1978) Relative significance of exogenous and de novo synthesized fatty acids in the formation of rumen microbial lipids in vitro. *Applied and Environmental Microbiology* 35:24-31
- Demeyer DI (1981) Rumen microbes and digestion of plant cell walls. *Agriculture and Environment* 6:295-337
- Demment MW (1982) The scaling of ruminoreticulum size with body weight in East African ungulates. *African Journal of Ecology* 20:43-47
- Dennis SM, Arambel MJ, Bartley EE, Dayton AD (1983) Effect of energy concentration and source of nitrogen on numbers and types of rumen protozoa. *Journal of Dairy Science* 66:1248-1254
- Deutsch A, Lechner-Doll M, Wolf GA (1998) Activity of cellulolytic enzymes in the contents of reticulorumen and caecocolon of roe deer (*Capreolus capreolus*). *Comparative Biochemistry and Physiology A* 119:925-930
- Dogiel VA (1925) Nouveaux infusoires de la famille des Ophryoscolecides parasites d'anilopes africaines. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée* 3:116-142
- Dogiel VA (1927) Monographie der Familie Ophryoscolecidae. *Archiv für Protistenkunde* 59:1-288
- Dogiel VA (1928) La faune d'infusoires inhabitant l'estomac du buffle et du dromedaire. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée* 6:323-338
- Dogiel VA (1932) Beschreibung einiger neuer Vertreter der Familie Ophryoscolecidae aus afrikanischen Antilopen nebst Revision der Infusorienfauna afrikanischer Wiederkäuer. *Archiv für Protistenkunde* 77:92-107
- Dogiel VA (1934) Angaben über die Ophryoscolecidae des Wildschafes aus Kamtschatka des Elches und des Yaks, nebst deren Zoogeographischen Verwertung. *Archiv für Protistenkunde* 82:290-297
- Dominguez-Bello MG, Ruiz MC, Michelangeli F (1993) Evolutionary significance of foregut fermentation in the hoatzin (*Opisthocomus hoazin*; Aves: Opisthocomidae). *Journal of Comparative Physiology B* 163:594-601
- Donius DA, Simpson ME, Marsh PB (1976) Effect of monensin fed with forage on digestion and the ruminal ecosystem of steers. *Journal of Animal Science* 42:229-234
- Dougall H, Drysdale V, Glover P (1964) The chemical composition of Kenya browse and pasture herbage. *East African Wildlife Journal* 2:86-121
- Drescher-Kaben U, Seifelnasr EA (1977) Untersuchungen am Verdauungstrakt von Reh, Damhirsch und Mufflon. Mitteilung 3: Mikroorganismen im Pansen von Reh, Damhirsch und Mufflon. *Z Jagdwiss* 23:64-69
- Drescher-Kaden U, Seifelnasr EA (1977) Untersuchungen am Verdauungstrakt von Reh, Damhirsch und Mufflon. Mitteilung 3: Mikroorganismen im Pansen von Reh, Damhirsch und Mufflon. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft* 23:64-69
- Drescher-Kaden U (1981) Vergleichende Untersuchungen in der Nahrungswahl von Gams- und Rotwild unter besonderer Berücksichtigung der mikrobiellen Besiedlung und der Verdauungsvorgänge im Pansen. *Fortschritte in der Tierphysiologie und der Tierernaerung* 12:1-108
- Eadie JM (1956) The mid-winter rumen microfauna of the seaweed-eating sheep of North Ronaldshay. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, Section B* 66:276-287
- Eadie JM (1957) The mid-winter rumen microfauna of the seaweed-eaten sheep of North Ronaldshay. *Proceedings of the Nutrition Society* 66:276-287
- Eadie JM (1962a) Inter-relationships between certain rumen ciliate protozoa. *Journal of General Microbiology* 29:579-588
- Eadie JM (1962b) The development of rumen microbial populations in lambs and calves under various conditions of management. *Journal of General Microbiology* 29:563-578
- Eadie JM, Hobson PN (1962) Effect of the presence or absence of rumen ciliate protozoa on the total rumen bacterial count in lambs. *Nature* 193:503-505
- Eadie JM, Manners DJ, Stark JR (1963) The molecular structure of a reserve polysaccharide from *Entodinium caudatum*. *Journal of Biochemistry* 89:91P
- Eadie JM (1967) Studies on the ecology of certain rumen ciliate protozoa. *Journal of General Microbiology* 49:175-194
- Eadie JM, Hobson PN, Mann SO (1967) A note on some comparisons between the rumen contents of barley-fed steers and that of young calves also fed on a high concentrate ration. *Animal Production* 9:247-250
- Eadie JM, Hyldgaard-Jensen J, Mann SO, Reid RS, Whitelaw FG (1970) Observations on the microbiology and biochemistry of the rumen in cattle given different quantities of a pelleted barley ration. *British Journal of Nutrition* 24:157-177
- Eadie JM, Mann SO (1970) Development of rumen microbial population: high starch diet and instability In: Phillipson AT (ed) *Physiology of digestion and metabolism in the ruminant*. Oriel Press, New Castle Upon Tyne, UK, pp 335-347
- Eadie JM, Gill JC (1971) The effect of the absence of rumen ciliate protozoa on growing lambs fed on a roughage-concentrate diet. *British Journal of Nutrition* 26:155-167
- Eichhorn JM, Coleman LJ, Wakayama EJ, Blomquist GJ, Bailey CM, Jenkins TG (1986) Effects of breed type and restricted versus ad libitum feeding on fatty acid composition and cholesterol content of muscle and adipose tissue from mature bovine females. *Journal of Animal Science* 63:781-794
- Einszporn T (1961) Effect of proteins on population size of *Entodinium longinucleatum* in cultures. *Acta Parasitol Polon* 9:195-210
- Eloff AK, van Hoven W (1980) Intestinal protozoa of the african elephant *Loxodonta africana* (Blumenbach). *South African Journal of Zoology* 15:83-90

- Emmanuel B (1974) On the origin of rumen protozoan fatty acids. *Biochimica et Biophysica Acta* 337:404-413
- Enzinger W, Hartfiel W (1998) The effect of increased energy and protein contents in the feed on the fermentation products, fauna and mucous membranes of the rumens of wild ruminants (fallow deer, roe deer) in comparison to domestic ruminants (sheep/goats). *Zeitschrift für Jagdwissenschaft* 44:201-220
- Eugène M, Archimède H, Sauvant D (2004) Quantitative meta-analysis on the effects of defaunation of the rumen on growth, intake and digestion in ruminants. *Livestock production science* 85:81-97
- Ezenwa VO, Price A, Altizer S, Vitone NV, Cook KC (2006) Host traits and parasite species richness in even and odd-toed hoofed mammals, Artiodactyla and Perissodactyla. *Oikos* 115:526-536
- Ferber KE (1928) Die Zahl und Masse der Infusorien im Pansen und ihre Bedeutung für den Eiweissaufbau beim Wiederkäuer. *Zeitschrift für Tierzucht und Zuchtungsbiologie* 12:31-63
- Fernandez-Galiano D (1955) Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural 53:53-70
- Fernandez-Galiano D (1958) Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural 56:89-102
- Finlay BJ, Esteban G, Clarke KJ, Williams AG, Embley TM, Hirt RP (1994) Some rumen ciliates have endosymbiotic methanogens. *FEMS Microbiology Letters* 117:157-161
- Fonty G, Jouany JP, Senaud J, Gouet P, Grain J (1984) The evolution of microflora, microfauna and digestion in the rumen of lambs from birth to 4 months. *Canadian Journal of Animal Science* 64:165-166
- Fonty G, Senaud J, Jouany JP, Gouet P (1988) Establishment of ciliate protozoa in the rumen of conventional and conventionalized lambs: influence of diet and management conditions. *Canadian Journal of Microbiology* 34:235-241
- Franzolin R, Dehority BA (1996) Effect of prolonged high-concentrate feeding on ruminal protozoa concentrations. *Journal of Animal Science* 74:2803-2809
- Franzolin R, Dehority BA (1999) Comparison of protozoal populations and digestion rates between water buffalo and cattle fed on forage diet. *Journal of Applied Animal Research* 16:33-46
- Froetschel MA, Martin AC, Amos HE, Evans JJ (1990) Effects of zinc sulfate concentration and feeding frequency on ruminal protozoal numbers, fermentation patterns and amino acid passage in steers. *Journal of Animal Science* 68:2874-2884
- Fujita J, Imai S, Ogimoto K (1979) Bacterial flora, protozoal fauna and volatile fatty acids in the rumen of the water buffalo in Taiwan. *Japanese Journal of Zootechnical Science* 50:850-854
- Gagnon M, Chew AE (2000) Dietary preferences in extant african bovidae *Journal of Mammalogy* 81:490-511
- Giesecke D (1969) Comparative microbiology of the alimentary tract. In: Phillipson AT (ed) *Physiology of digestion in the ruminant*. Oriel Press, Newcastle upon Tyne, England
- Giesecke D (1970) Comparative microbiology of the alimentary tract. In: Phillipson AT (ed) *Physiology of digestion and metabolism in the ruminant*. Oriel Press, New Castle upon Tyne, pp 306-318
- Giesecke D, Van Gylswyk NO (1975) A study of feeding types and certain rumen functions in six species of South African wild ruminants. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 85:75-83
- Girard V, Hawke JC (1978) The role of holotrichs in the metabolism of dietary linoleic acid in the rumen. *Biochimica et Biophysica Acta* 528:17-27
- Goad DW, Goad CL, Nagaraja TG (1998) Ruminal microbial and fermentative changes associated with experimentally induced subacute acidosis in steers. *Journal of Animal Science* 76:234-241
- Gocmen B, Dehority BA, Rastgeldi S (2003) Ciliated protozoa in the rumen of Turkish domestic cattle (*Bos taurus* L.). *Journal of General Microbiology* 50:104-108
- Goodson J, Tyznik WJ, Cline H, Dehority BA (1988) Effects of an abrupt diet change from hay to concentrate on microbial numbers and physical environment in the cecum of the pony. *Applied and Environmental Microbiology* 54:1946-1950
- Gradzka-Majewska I (1961) *Acta Parasitol Polon* 9:169-191
- Grimaud P, Richard D, Vergeron MP, Guilleret JR, Doreau M (1999) Effect of drastic undernutrition on digestion in zebu cattle receiving a diet based on rice straw. *Journal of Animal Science* 82:974-981
- Grubb JA, Dehority BA (1975) Effects of an abrupt change in ration from all roughage to high concentrate upon rumen microbial numbers in sheep. *Applied Microbiology* 30:404-412
- Gruby D, Delafond HMO (1843) Recherches sue des animalcules se développant en grand nombre dans l'estomac et dans les intestines pendant la digestion des animaux herbivores et carnivores. *C. R. Hebd. Séances Acad. Sci* 17:1304-1308
- Grum C (2005) Fettsäuren in tierischen Geweben - ihre physiologische und pathologische Bedeutung. *Literaturrecherche und Katalogisierung unter spezieller Berücksichtigung von freilebenden und in Gefangenschaft gehaltenen Wildtieren*. In: Departement für Kleintiere, Abteilung für Zoo-, Heim- und Wildtiere. Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich, Zürich, p 150
- Guirong, Su NR, Hua ZX, Zhu S, Imai S (2000) Rumen ciliated protozoan fauna of the yak (*Bos grunniens*) in China with the description of *Entodinium monuo* n. sp. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 47:178-182
- Gurung YB, Parajuli N, Miyazaki Y, Imai S, Kobayashi K (2002) Rumen ciliate faunae of water buffalo (*Bubalus bubalis*) and goat (*Capra hircus*) in Nepal. *Journal of Veterinary Medicine Science* 64:265-267
- Gutierrez J (1955) Experiments on the culture and physiology of holotrichs from the bovine rumen. *Journal of Biochemistry* 60:516-522
- Gutierrez J, Hungate RE (1957) Interrelationship between certain bacteria and the rumen ciliate *Dasytricha ruminantium*. *Science* 126:511
- Gutierrez J (1958) Observations on bacterial feeding by the rumen ciliate *Isotricha prostoma*. *Journal of Protozoology* 5:122-126
- Gutierrez J (1959) *Journal of Protozoology* 6, Suppl. 21
- Gutierrez J, Davis RE (1959) Bacterial ingestion by the rumen ciliates *Entodinium* and *Diplodinium*. *Journal of Protozoology* 6:222-226

- Gutierrez J, Davis RE (1962) Culture and metabolism of the rumen ciliate *Epidinium ecaudatum* Crawley. *Applied Microbiology* 10:305-308
- Gutierrez J, Williams PP, Davis RE, Warwick EJ (1962) Lipid metabolism of rumen ciliates and bacteria. I. Uptake of fatty acids by *Isotricha prostoma* and *Entodinium simplex*. *Applied Microbiology* 10:548-551
- Hall FJ, West J, Coleman GS (1974) Fine structural studies on the digestion of chloroplasts in the rumen ciliate *Entodinium caudatum*. *Tissue Cell* 6:243-253
- Halliwell G (1957) Cellulolysis by rumen micro-organisms. *Journal of General Microbiology* 17:153-165
- Harfoot CG (1978) Lipid metabolism in the rumen. *Progress in Lipid Research* 17:21-54
- Harrison DG, Beever DE, Osbourn DF (1979) The contribution of protozoa to the protein entering the duodenum of sheep. *British Journal of Nutrition* 41:521-527
- Harrison DG, MacAllan AB (1980) Factors affecting microbial growth yields in the reticulorumen. In: Ruckebusch Y, Thivend P (eds) *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*. MTP Press, Lancaster, pp 205-226
- Heald PJ, Oxford AE (1953) Fermentation of soluble sugars by anaerobic holotrich ciliate protozoa of the genera *Isotricha* and *Dasytricha*. *Biochemical Journal* 53:506-512
- Henderson C (1973) *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 81:107
- Hess HD, Kreuzer M, Diaz TE, Lascano CE, Carulla JE, Soliva CR, Machmüller A (2003) Saponin rich tropical fruits affect fermentation and methanogenesis in faunated and defaunated rumen fluid. *Animal Feed Science and Technology* 109:79-94
- Hillman K, Lloyd D, Williams A (1985) Continuous monitoring of fermentation gases in an artificial rumen system (RUSITEC) using a membrane inlet probe on a portable quadrupole mass spectrometer. In: Degn H, Cox RP, Toftlund H (eds) *Gas enzymology*. D. Reidel Publishing Co, Dordrecht, Netherlands, pp 201-206
- Hino T (1981) Action of monensin on rumen protozoa. *Nippon Chikusan Gakkai* 52:171-179
- Hino T, Miwa T, Saitoh H, Esaki H, Takagi S, Asanuma N, Umemori J (1995) Effect of methane production on plant fiber digestion by rumen microorganisms. *Bulletin of the Agricultural Meiji University* 106:27-33
- Hiridoglou M, Lessard JR (1976) The effect of selenium or vitamin E supplementation on volatile fatty acid content of rumen liquor in sheep fed a purified diet. *International Journal of Vitamin Nutrition Research* 46:458-463
- Hobson PN, Mann SO, Summers R (1976) Rumen micro-organisms in red deer, hill sheep and reindeer in the Scottish highlands. *Proceedings - Royal Society of Edinburgh: Natural Environment* 75:171-180
- Hobson PN, Wallace RJ (1982) Microbial ecology and activities in the rumen: part 1. *Critical Reviews in Microbiology* 9:165-225
- Hofmann RR (1973) The ruminant stomach. East African Literature Bureau, Nairobi
- Hofmann RR (1988) Morphophysiological evolutionary adaptations of the ruminant digestive physiology in Ruminants. In: Dobson A, Dobson MJ (eds) *Aspects of Digestive Physiology in Ruminants*. Comstock Public Association, Ithaca, NY, pp 1-20
- Hofmann RR (1991) Endangered tropical herbivores - their nutritional requirements and habitat demands. In: Ho YW WH, Abdullah N, Tajuddin ZA (ed) *Recent advances on the nutrition of herbivores*. UPM Serdang: Malaysia Society of Animal Production, pp 27-34
- Hofmann RR (1999) Functional and comparative digestive system anatomy of Arctic ungulates. *Rangifer* 20:71-81
- Hofmann RR, Streich WJ, Fickel J, Hummel J, Clauss M (2008) Convergent evolution in feeding types: salivary gland mass differences in wild ruminant species. *Journal of Morphology* 269:240-257
- Holechek J, Pieper R, Herbel C (2004) *Range management. Principles and practices*, 5 edn. Pearson/Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ
- Höller H, Harmeyer J (1964) Der Stickstoff- und Aminosäuregehalt von Pansenprotozoen. *Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe B* 11:244-252
- Honigberg BM, Balamuth W, Bovee EC, Corliss JO, Gojdics M, Hall RP, Kudo RR, Levine ND, Loeblich AR, Jr., Weiser J, Wenrich DH (1964) A revised classification of the phylum protozoa. *Journal of Protozoology* 11:7-20
- Hoppe PP, Gwynn MD, Van Hoven W (1981) Nutrients, protozoa and volatile fatty acids in the rumen of Harvey's duiker *Cephalophus harveyi*. *South African Journal of Wildlife Research* 11:110-111
- Howard BH (1959a) The biochemistry of rumen protozoa. 1. Carbohydrate fermentation by *Dasytricha* and *Isotricha*. *Journal of Biochemistry* 71:671-675
- Howard BH (1959b) The biochemistry of rumen protozoa. 2. Some carbohydrases in cell-free extracts of *Dasytricha* and *Isotricha*. *Journal of Biochemistry* 71:675-680
- Hristov AN, Ivan M, Rode LM, McAllister TA (2001) Fermentation characteristics and ruminal ciliate protozoal populations in cattle fed medium- or high-concentrate barley-based diets. *Journal of Animal Science* 79:515-524
- Hristov AN, Jouany JP (2005) Factors effecting the efficiency of nitrogen utilisation in the rumen. In: Pfeffer E, Hristov AN (eds) *Nitrogen and Phosphorus Nutrition of Cattle*. CAB International
- Hsiung TS (1930) A monograph on the protozoa of the large intestine of the horse. *Iowa State College Journal of Science* 4:356-423
- Hsu JT, Fahey GC, Jr., Merchen NR, Mackie RI (1991) Effects of defaunation and various nitrogen supplementation regimens on microbial numbers and activity in the rumen of sheep. *Journal of Animal Science* 69:1279-1289
- Hummel J, Südekum K-H, Streich WJ, Clauss M (2006) Forage fermentation patterns and their implications for herbivore ingesta retention times. *Functional Ecology* 20:989-1002
- Hummel J, Steuer P, Südekum K-H, Hammer S, Hammer C, Streich WJ, Clauss M (2008) Fluid and particle retention in the digestive tract of the addax antelope (*Addax nasomaculatus*) – adaptations of a grazing desert ruminant. *Comparative Biochemistry and Physiology A* 149:142-149

- Hummel J, Südekum K-H, Bayer D, Ortmann S, Hatt JM, Clauss M (2009) Physical characteristics of reticulorumen contents of cattle in relation to forage type and time after feeding. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 93:209-220
- Hungate DP (1975) Annual review of ecology and systematics. *Annual Reviews* 6:39-66
- Hungate RE (1942) The culture of *Eudiplodinium neglectum* with experiments on the digestion of cellulose. *Biological Bulletin* 83:303-319
- Hungate RE (1943) Further experiments on cellulose digestion by the protozoa in the rumen of cattle. *Biological Bulletin* 84:157-163
- Hungate RE (1950) The anaerobic mesophilic cellulolytic bacteria. *Bacteriological Reviews* 14:1-49
- Hungate RE (1955) The ciliates of the rumen. In: Hutner SH, Lwoff A (eds) *Biochemistry and Physiology of Protozoa*, vol 2. Academic Press, New York, pp 159-179
- Hungate RE (1960) Symposium: selected topics in microbial ecology. I. Microbial ecology of the rumen. *Bacteriological Reviews* 24:353-364
- Hungate RE (1966) The rumen and its microbes. Academic Press New York:206-244
- Hungate RE (1967) Hydrogen as an intermediate in the rumen fermentation. *Archives of Microbiology* 59:158-164
- Hungate RE, Reichl J, Prins R (1971) Parameters of rumen fermentation in a continuously fed sheep: evidence of a microbial rumination pool. *Applied Microbiology* 22:1104-1113
- Hungate RE (1972) Relationships between protozoa and bacteria of the alimentary tract. *American Journal of Clinical Nutrition* 25:1480-1484
- Hungate RE (1978) The rumen protozoa. In: Kreier JP (ed) *Parasitic Protozoa*, vol 2. Academic Press, New York, pp 655-695
- Hutjens MF, Schultz LH (1971) Effect of feeding soybeans or formaldehyde-treated soybeans on lipid metabolism in ruminants. *Journal of Dairy Science* 54:1876-1879
- Ibrahim EA, Ingalls JR, Stanger NE (1970) Effect of dietary diethylstilbestrol on populations and concentrations of ciliate protozoa in dairy cattle. *Canadian Journal of Animal Science* 50:101-106
- Ichimura Y, Yamano H, Takano T, Koike S, Kobayashi Y, Ozaki N, Suzuki M, Okada H, Yamanaka M (2004) Rumen microbes and fermentation of wild sika deer on the shiretoko peninsula of Hokkaido Island, Japan. *Ecological Research* 19:389-395
- Ikwuegbu OA, Sutton JD (1982) The effect of varying the amount of linseed oil supplementation on rumen metabolism in sheep. *British Journal of Nutrition* 48:365-375
- Imai S, Katsuno M, Ogimoto K (1978) Distribution of the rumen ciliate protozoa in cattle, sheep and goat and experimental transfaunation of them. *Japanese Journal of Zootechnical Science* 49:494-505
- Imai S, Katsuno M, Ogimoto K (1979) Type of the pattern of the rumen ciliate composition of the domestic ruminants and the predator-prey interaction of ciliates. *Japanese Journal of Zootechnical Science* 50:79-87
- Imai S, Abe M, Ogimoto K (1981a) Ciliate protozoa from the rumen of the Japanese serow, *Capricornis crispus* (Temminck). *Nippon Juigaku Zasshi* 43:359-367
- Imai S, Chang C-H, Wang J-S, Ogimoto K, Fujita J (1981b) Rumen ciliate protozoal fauna of the water buffalo (*Bubalus bubalis*) in Taiwan. *The Bulletin of the Nippon Veterinary and Zootechnical College* 30:77-81
- Imai S, Ogimoto K, Fujita J (1981c) Rumen ciliate protozoal fauna of the water buffalo, *Bubalis bubalis* (Linnaeus), in Okinawa, Japan. *The Bulletin of the Nippon Veterinary and Zootechnical College* 29:82-85
- Imai S, Shimizu M, Kinoshita M, Toguchi M, Ishii T, Fujita J (1982) Rumen ciliate protozoal fauna and composition of the cattle in Japan. *The Bulletin of the Nippon Veterinary and Zootechnical College* 31:70-74
- Imai S, Ogimoto K (1984) Rumen ciliate protozoal fauna and bacterial flora of the zebu cattle (*Bos indicus*) and the water buffalo (*Bubalus bubalis*) in Thailand. *Japanese Journal of Zootechnical Science* 55:576-583
- Imai S (1985) Rumen ciliate protozoal faunae of Bali cattle (*Bos javanicus domesticus*) and water buffalo (*Bubalus bubalis*) in Indonesia with the description of a new species, *Entodinium javanicum* sp. nov. *Zoological Science* 2:591-600
- Imai S (1986) Rumen ciliate protozoal fauna of zebu cattle (*Bos taurus indicus*) in Sri Lanka, with the description of a new species, *Diplodinium sinhalicum* sp. nov. *Zoological Science* 3:699-706
- Imai S (1988) Ciliate protozoa in the rumen of Kenyan zebu cattle, *Bos taurus indicus*, with the description of four new species. *Journal of Protozoology* 35:130-136
- Imai S, Rung G (1990a) Rumen ciliates from the Mongolian gazelle, *Procapra gutturosa*. *Nippon Juigaku Zasshi* 52:1063-1067
- Imai S, Rung G (1990b) Ciliate protozoa in the forestomach of the Bactrian camel in Inner-Mongolia, China. *Nippon Juigaku Zasshi* 52:1069-1075
- Imai S, Tsutsumi Y, Yumura S, Mulenga A (1992) Ciliate protozoa in the rumen of Kafue lechwe, *Kobus lechwe kufuensis*, in Zambia, with the description of four new species. *Journal of Protozoology* 39:564-572
- Imai S, Matsumoto M, Watanabe A, Sato H (1993) Rumen ciliate protozoa in Japanese sika deer (*Cervus nippon centralis*). *Animal Science and Technology* 64:578-583
- Imai S, Kudo H, Fukuta K, Abudullah N, Ho YW, Onodera R (1995) *Isotricha jalaludinii* n. sp. found from the rumen of lesser mouse deer, *Tragulus javanicus*, in Malaysia. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 42:75-77
- Imai S, Matsumoto M, Watanabe A, Sato H (2002) Establishment of a spinated type of *Diplodinium rangiferi* by transfaunation of the rumen ciliates of Japanese sika deer (*Cervus nippon centralis*) to the rumen of two Japanese shorthorn calves (*Bos taurus taurus*). *Journal of Eukaryotic Microbiology* 49:38-41
- Imai S, Oku Y, Morita T, Ike K, Guirong (2004) Rumen ciliate protozoal fauna of reindeer in Inner Mongolia, China. *Journal of Veterinary Medicine Science* 66:209-212
- Itabashi H, Kobayashi T, Matsumoto M (1984) The effect of rumen ciliate protozoa on energy metabolism and some constituents in rumen fluid and blood plasma of goats. *Japanese Journal of Zootechnical Science* 55:248

- Itabashi H, Kobayashi T, Takenaka A, Matsumoto M (1990) Effect of protozoa on nutritional characteristics of ruminant. In: The rumen ecosystem. Springer, Tokyo, pp 169-178
- Ito A, Imai S, Ogimoto K (1993) Rumen ciliates of Ezo deer (*Cervus nippon yesoensis*) with the morphological comparison with those of cattle. Journal of Veterinary Medicine Science 55:93-98
- Ito A, Imai S, Ogimoto K (1994) Rumen ciliate composition and diversity of Japanese beef black cattle in comparison with those of Holstein-Friesian cattle. Journal of Veterinary Medicine Science 56:707-714
- Ito A, Imai S, Ogimoto K, Nakahara M (1996) Intestinal ciliates found in the feces of Japanese native Tokara pony, with the description of a new genus and a new species. Journal of Veterinary Medical Science 58:103-108
- Ito A, Arai N, Tsutsumi Y, Imai S (1997) Ciliate protozoa in the rumen of sassaby antelope, *Damaliscus lunatus lunatus*, including the description of a new species and form. Journal of Eukaryotic Microbiology 44:586-591
- Ito A, Miyazaki Y, Imai S (2002) Descriptions of new Parentodinium ciliates in the family Parentodiniidae n. fam. from *Hippopotamus amphibius* in comparison with some entodiniomorphs from horses and cattle. European Journal of Protistology 37:405-426
- Ito A, Van Hoven W, Miyazaki Y, Imai S (2006) New entodiniomorphid ciliates from the intestine of the wild African white rhinoceros belong to a new family, the Gilchristidae. European Journal of Protistology 42:297-307
- Ito A, Van Hoven W, Miyazaki Y, Imai S (2008) Two new entodiniomorphid Triplumaria ciliates from the intestine of the wild African white rhinoceros. European Journal of Protistology 44:149-158
- Ivan M, Veira DM, Kelleher CA (1986) The alleviation of chronic copper toxicity in sheep by ciliate protozoa. British Journal of Nutrition 55:361-367
- Ivan M (1988) Effect of faunation on ruminal solubility and liver content of copper in sheep fed low or high copper diets. Journal of Animal Science 66:1496-1501
- Ivan M (1989) Effects of faunation and type of dietary protein on gastric solubility and liver content of copper in sheep. Journal of Animal Science 67:3028-3035
- Ivan M, Dayrell Mde S, Hidioglou M (1992) Effects of bentonite and monensin on selected elements in the stomach and liver of fauna-free and faunated sheep. Journal of Dairy Science 75:201-208
- Ivan M, Neill L, Forster R, Alimon R, Rode LM, Entz T (2000) Effects of Isotricha, Dasytricha, Entodinium, and total fauna on ruminal fermentation and duodenal flow in wethers fed different diets. Journal of Dairy Science 83:776-787
- Ivan M, Mir PS, Mir Z, Entz T, He ML, McAllister TA (2004) Effects of dietary sunflower seeds on rumen protozoa and growth of lambs. British Journal of Nutrition 92:303-310
- Ivan M, Koenig KM, Morgavi DP, Rode LM, Newbold CJ, Entz T (2006) Duodenal flow and digestibility in fauna-free sheep and in sheep monofaunated with *Entodinium caudatum* or *Polyplastron multivesiculatum*. British Journal of Nutrition 95:469-476
- Jaffee JJ, Gutteridge WE (1974) Purine and pyrimidine metabolism in protozoa. Actual Protozoology 1:23-35
- Jameson AP (1925) A note on the ciliates from the stomach of the mouse deer (*Tragulus meminna* Milne-Edwards) with the description of *Entodinium ovalis* n. sp. . Parasitology 17:406-409
- Johnson RR (1976) Influence of carbohydrate solubility on non-protein nitrogen utilization in the ruminant. Journal of Animal Science 43:184-191
- Jones RJ, Meyer JHF, Bechaz FM, Stolzt MA, Palmer B, van der Merwe G (2001) Comparison of rumen fluid from South African game species and from sheep to digest tanniniferous browse. Australian Journal of Agricultural Research 52:453-460
- Jouany JP, Senaud J, Grain J, de Puytorac P, Thivend P (1977) Rumen ciliates of sheep given cellulose, lactose, sucrose or starch diets. Proceedings of the Nutrition Society 36:72A
- Jouany JP (1978) Contribution a l'etude des protozoaires cilies du rumen: leur dynamique, leur role dans la digestion, et leur interet pour le ruminant. In, vol. Thesis Docteur es-Sciences. Universite de Clermont II, Clermont-Ferrand, France
- Jouany JP, Senaud J (1979) Role of rumen protozoa in the digestion of food cellulosic materials. Annales de Recherches vétérinaires 10:261-263
- Jouany JP, Zainab B, Senaud J, Groliere CA, Grain J, Thivend P (1981) Role of the rumen ciliate protozoa *Polyplastron multivesiculatum*, *Entodinium* sp. and *Isotricha prostoma* in the digestion of a mixed diet in sheep. Reproduction Nutrition Development 21:871-884
- Jouany JP, Demeyer DI, Grain J (1988) Effect of defaunating the rumen. Animal Feed Science and Technology 21:229-265
- Jouany JP (1989) Effects of diet on populations of rumen protozoa in relation to fiber digestion. In: Nolan JV, Leng RA, De Meyer DI (eds) The roles of protozoa and fungi in ruminant digestion. Penambul Books, Armidale, Australia, pp 59-74
- Jouany JP, Ushida K (1990) Protozoa and fibre digestion in the rumen. In: The rumen ecosystem. Springer, Tokyo, pp 139-150
- Kamler J (1999) Infusorial concentration in rumen fluid of red deer, fallow deer, roe deer and mouflon. Acta Veterinaria Brno 68:247-252
- Kamra DN, Sawal RK, Pathak NN, Kewalramani N, Agarwal N (1991) Diurnal variations in ciliate protozoa in the rumen of blackbuck (*Antilope cervicapra*) fed green forages. Letters in Applied Microbiology 13:165-167
- Kamra DN, Patra AK, Chatterje PN, Kumar R, Agarwal N, Chaudhary LC (2008) Effect of plant extracts on methanogenesis and microbial profile of the rumen of buffalo: a brief overview. Australian Journal of Experimental Agriculture 48:175-178
- Katz I, Keeney M (1967) The lipids of some rumen holotrich protozoa. Biochimica et Biophysica Acta 144:102-112
- Keeney M (1970) Lipid metabolism in the rumen In: Phillipson AT et al. (eds) Physiology of digestion and metabolism in the ruminant. Oriel Press, Newcastle-upon-Tyne, England, pp 489-503

- Kleynhans CJ, Van Hoven W (1976) Rumen protozoa of the giraffe with a description of two new species. *East African Wildlife Journal* 14:203-214
- Kleynhans CJ (1982) The rumen ciliates of greater kudu *Tragelaphus strepsiceros* (Pallas) from South Africa and Zimbabwe with a description of one new species. *South African Journal of Zoology* 17:11-14
- Klopfenstein TJ, Purser DB, Tyznik WJ (1966) Effects of defaunation on feed digestibility rumen metabolism and blood metabolites. *Journal of Animal Science* 25:765-773
- Knight R, Sutton JD, McAllan AB, Smith RH (1978) The effect of dietary lipid supplementation on digestion and synthesis in the stomach of sheep. *Proceedings of the Nutrition Society* 37:14A
- Kofoed CA, MacLennan RF (1930) Ciliates from *Bos indicus* Linn. 1. The Genus *Entodinium* Stein. University of California Publications in Zoology 33:471-544
- Kofoed CA, MacLennan RF (1932) Ciliates from *Bos indicus* Linn., II. A revision of *Diplodinium*. University of California (Berkeley) Publications in Zoology 37:53-152
- Kofoed CA, MacLennan RF (1933) Ciliates from *Bos indicus* Linn. 3. *Epidinium Crawley*, *Epiplastron* gen. nov., and *Ophryoscolex* Stein. University of California Publications in Zoology 39:1-34
- Kofoed CA, Christenson JF (1934) Ciliates from *Bos gaurus*. University of California (Berkeley) Publications in Zoology 33:471-544
- Kraschenninikow S (1955) Observations on the Morphology and Division of *Eudiplodinium neglectum* Dogiel (Ciliata Entodiniomorpha) from the stomach of a moose (*Alces americana*). *Journal of Protozoology* 2:124-134
- Kreikemeier KK, Harmon DL, Brandt RT, Jr., Nagaraja TG, Cochran RC (1990) Steam-rolled wheat diets for finishing cattle: effects of dietary roughage and feed intake on finishing steer performance and ruminal metabolism. *Journal of Animal Science* 68:2130-2141
- Krogh N (1961) Studies on alterations in the rumen fluid of sheep aspecially concerning the microbial composition, when readily available carbohydrates are added to the food. III. Starch. *Acta Veterinaria Scandinavica* 2:103
- Krumholz LR, Forsberg CW, Veira DM (1983) Association of methanogenic bacteria with rumen protozoa. *Canadian Journal of Microbiology* 29:676-680
- Kubesy AA, Dehority BA (2002) Forestomach ciliate protozoa in Egyptian dromedary camels (*Camelus dromedarius*). *Zootaxa* 51:1-12
- Kulkarni VD, Pant HC, Rai GS, Rawat JS (1971) The seasonal variation in the concentration of protozoa and *Oscillospira guilliermondii* organisms in the rumen fluid of grazing buffalo. *Indian Veterinary Journal* 48:137-142
- Kurihara Y, Eadie JM, Hobson PN, Mann SO (1968) Relationship between bacteria and ciliate protozoa in the sheep rumen. *Journal of General Microbiology* 51:267-288
- Latham MJ, Sharpe ME, Sutton JD (1971) The microbial flora of the rumen of cows fed hay and high cereal rations and its relationship to the rumen fermentation. *Journal of Applied Bacteriology* 34:425-434
- Lelkes L, Chang CL (1987) Microbial dysbiosis in rabbit mucoid enteropathy. *Laboratory Animal Science* 37:757-764
- Leng RA, Gill M, Kempton TJ, Rowe JB, Nolan JV, Stachiw SJ, Preston TR (1981) Kinetics of large ciliate protozoa in the rumen of cattle given sugar cane diets. *British Journal of Nutrition* 46:371-384
- Leng RA (1982) Dynamics of protozoa in the rumen of sheep. *British Journal of Nutrition* 48:399-415
- Leng RA, Nolan JV (1984) Nitrogen metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science* 67:1072-1089
- Leng RA, Dellow D, Waghorn G (1986) Dynamics of large ciliate protozoa in the rumen of cattle fed on diets of freshly cut grass. *British Journal of Nutrition* 56:455-462
- Leng RA, Bird SH, Klieve A, Choo BS, Ball FM, Asefa G, Brumby PE, Mudgal VD, Chaudhry UB, Haryono SU, Hendratno N (1991) The potential for tree forage supplements to manipulate rumen protozoa to enhance protein to energy ratios in ruminants fed on poor quality forages. In: Speedy A, Pugliese PL (eds) *Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock* (FAO Anim. Prod. Health Paper 102). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rom
- Levine ND, Corliss JO, Cox FE, Deroux G, Grain J, Honigberg BM, Leedale GF, Loeblich AR, 3rd, Lom J, Lynn D, Merinfeld EG, Page FC, Poljansky G, Sprague V, Vavra J, Wallace FG (1980) A newly revised classification of the protozoa. *Journal of Protozoology* 27:37-58
- Levine ND (1985) Ciliophora. In: *Veterinary Protozoology*. Iowa State University Press, Ames, Iowa, pp 334-364
- Lubinsky G (1957) *Canadian Journal of Zoology* 35:579-580
- Lubinsky G (1958a) Ophryoscolecidae (ciliata: Entodiniomorpha) of reindeer (*Rangifer tarandus* L.) from the canadian arctic. I. Entodiniinae. *Canadian Journal of Zoology* 36:819-835
- Lubinsky G (1958b) Ophryoscolecidae (ciliata: Entodiniomorpha) of reindeer (*Rangifer tarandus* L.) from the canadian arctic. II. Diplodiniinae. *Canadian Journal of Zoology* 36:937-959
- Lyle RR, Johnson RR, Backus WR (1981a) Ruminal characteristics as affected by monensin, type of protein supplement and proportions of whole wheat and corn in forage-free diets fed to finishing steers. *Journal of Animal Science* 53:1377
- Lyle RR, Johnson RR, Wilhite JV, Backus WR (1981b) Ruminal characteristics in steers as affected by adaption from forage to all-concentrate diets. *Journal of Animal Science* 53:1383-1390
- Lynn DH, Small E (1997) A revised classification of the phylum Ciliophora Dolfein, 1901. *Rev Soc Mex Hist Nat* 47:65-78
- Machado Nogueira Filho JC, Ely Miserochi de Oliveira M, de Souza Ables D, Lencioni Titto E, Aguiar de Toledo LR, Sa Barreto Miserochi de Oliveira T (2000) Rumen ciliated fauna of zebu and water buffaloes at Pirassununga, Southeast of Brazil. *Acta Scientiarum* 22:663-668
- Machmüller A, Soliva CR, Kreuzer M (2003a) Methane-suppressing effect of myristic acid in sheep as affected by dietary calcium and forage proportion. *British Journal of Nutrition* 90:529-540



- Machmüller A, Soliva CR, Kreuzer M (2003b) Effect of coconut oil and defaunation treatment on methanogenesis in sheep. *Reproduction Nutrition Development* 43:41-55
- Mackie RI, Gilchrist FM, Robberts AM, Hannah PE, Schwartz HM (1978) Microbiological and chemical changes in the rumen during the stepwise adaption of sheep to high concentrate diets. *Journal of Agricultural Science* 90:241-254
- Maczulak AE, Dehority BA, Palmquist DL (1981) Effects of long-chain fatty acids on growth of rumen bacteria. *Applied and Environmental Microbiology* 42:856-862
- Mah RA (1962) Experiments on the culture and physiology of *Ophryoscolex purkynei*. In: University of California, Davis, California
- Mah RA (1963) Some physiological studies on the rumen ciliate, *Ophryoscolex purkynei* Stein. *Bacteriology Proceedings*:9
- Manley TR, Forss DA (1979) Fatty acids of meat lipids from young red deer (*Cervus elaphus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 30:927-931
- Mann SO (1970) Some effects on the rumen micro-organisms of overfeeding a high barley ration. *Journal of Applied Bacteriology* 33:403-409
- Marcin A, Südekum K-H (2009) Nutritive defaunation of the rumen in steers with subsequent refaunation using a cryopreserved monoculture of *Entodinium caudatum*. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 93:44-51
- Martin C, Devillard E, Michalet-Doreau B (1999) Influence of sampling site on concentrations and carbohydrate-degrading enzyme activities of protozoa and bacteria in the rumen. *Journal of Animal Science* 77:979-987
- Mc Allister TA, Newbold CJ (2008) Redirecting rumen fermentation to reduce methanogenesis. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48:7-13
- Mehlhorn H, Piekarski G (1998) *Grundriss der Parasitenkunde. Parasiten des Menschen und der Nutztiere*, 5 edn. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- Metzger VL, Baker RJ, Schingoethe DJ (1976) Responses of rumen microflora to high-concentrate low-roughage diets containing whey products. *Journal of Dairy Science* 59:1769-1775
- Michalowski T (1975) Effect of different diets on the diurnal concentrations of ciliate protozoa in the rumen of water buffalo. *Journal of Agricultural Science* 85:145-150
- Michalowski T (1977) Diurnal changes in concentration of rumen ciliates and in occurrence of dividing forms in water buffalo (*Bubalus bubalus*) fed once daily. *Applied and Environmental Microbiology* 33:802-804
- Michalowski T, Muszynski P (1978) Diurnal variations in number of ciliate protozoa in the rumen of sheep fed once and twice daily. *Journal of Agricultural Science* 90:1-5
- Michalowski T, Harmeyer J, Breves G (1986) The passage of protozoa from the reticulo-rumen through the omasum of sheep. *British Journal of Nutrition* 56:625-634
- Michalowski T (1989) Importance of protein solubility and nature of dietary nitrogen for the growth of rumen ciliates *in vitro*. In: Nolan JV, Leng RA, Demeyer DI (eds) *The roles of protozoa and fungi in ruminant digestion*. University of England Publishing Unit, Armidale, Australia, pp 223-232
- Mihalikova K, Gresakova L, Boldizarova K, Faix S, Leng L, Kisidayova S (2005) The effect of organic selenium supplementation on the rumen ciliate population in sheep. *Folia Microbiologica* 4:353-356
- Minor S, Macleod NA, Preston TR (1977) Effect of sampling by fistula or at slaughter on estimation of rumen protozoa. *Tropical Animal Production* 2:62-67
- Mohammed N, Ajisaka N, Lila ZA, Hara K, Mikuni K, Hara K, Kanda S, Itabashi H (2004) Effect of Japanese horseradish oil on methane production and ruminal fermentation *in vitro* and in steers. *Journal of Animal Science* 82:1839-1846
- Moir RJ, Somers M (1957) Ruminal flora studies. VIII. The influence of rate and method of feeding a ration upon its digestibility, upon ruminal function and upon the ruminal population. *Australian Journal of Agricultural Research* 8:253
- Monforte-Briceño GE, Sandoval-Castro CA, Ramírez-Avilés L, Capetillo Leal CM (2005) Defaunating capacity of tropical fodder trees: Effects of polyethylene glycol and its relationship to *in vitro* gas production. *Animal Feed Science and Technology* 123-124:313-327
- Murphy MR, Drone PE, Jr., Woodford ST (1985) Factors stimulating migration of holotrich protozoa into the rumen. *Applied and Environmental Microbiology* 49:1329-1331
- Muszynski P, Michalowski T, Szczepkowski P (1985) The influence of protein on the number of rumen ciliates *Entodinium caudatum* and *Diplodinium affine* *in vitro*. *Acta Protologica* 24:307-317
- Naga MA, el-Shazly K (1968) The metabolic characterization of the ciliate protozoon *Eudiplodinium medium* from the rumen of buffalo. *Journal of General Microbiology* 53:305-315
- Naga MA, Abou Akkada AR, el-Shazly K (1969) Establishment of rumen ciliate protozoa in cow and water buffalo (*Bos bubalus* L.) calves under late and early weaning systems. *Journal of Dairy Science* 52:110-112
- Nagaraja TG, Towne G (1990) Ciliated protozoa in relation to ruminal acidosis and lactic acid metabolism. In: Hoshino S, Onodera R, Minato H, Itabashi H (eds) *The rumen ecosystem. The microbial metabolism and its regulation*. Japan Scientific Societies Press, Tokyo, pp 187-194
- Nagaraja TG, Towne G, Beharka AA (1992) Moderation of ruminal fermentation by ciliated protozoa in cattle fed a high-grain diet. *Applied and Environmental Microbiology* 58:2410-2414
- Nakamura K, Kanegasaki S (1969) Densities of ruminal protozoa of sheep established under different dietary conditions. *Journal of Dairy Science* 52:250-255
- Navas-Camacho A, Laredo MA, Cuesta A, Anzola H, Leon JC (1993) Effect of supplementation with a tree legume forage on rumen function. *Livestock Research for rural Development* 5
- Naziroglu M, Aksakal M, Cay M, Celik S (1997) Effects of vitamin E and selenium on some rumen parameters in lambs. *Acta Veterinaria Hungarica* 45:447-456

- Naziroglu M, Guler T, Yuce A (2002) Effect of vitamin E on ruminal fermentation in vitro. *Journal of Veterinary Medicine Series A. Physiology, Pathology, Clinical Medicine* 49:251-255
- Newbold CJ, Williams AG, Chamberlain NL (1987) The in vitro metabolism of D,L-lactic acid by rumen microorganisms. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 38:9-18
- Newbold CJ, El Hassan SM, Wallace RJ, Cheng X-B, Goodchild AV, Arthaud L (1994) Influence of African multipurpose trees on the activity of rumen protozoa and bacteria in vitro. *Animal Production* 58:461
- Noirot-Thimothée C (1960) Etude d'une famille de ciliés: les Ophryoscolecidae. Structures et ultrastructures. *Ann Sci Nat Zool Biol Anim* 2:527-718
- Noirot-Thimothée C (1956a) *Bulletin de la Société zoologique de France* 81:44-47
- Noirot-Thimothée C (1956b) *Compt Rend* 242:2865-2867
- Noirot-Thimothée C (1956c) *Compt Rend* 244:2847-2849
- Noirot-Thimothée C (1960) Etude d'une famille de ciliés: les Ophryoscolecidae. Structures et ultrastructures. *Annales des Sciences Naturelles, Zoologie et Biologie Animale* 2:527-718
- Nour AM, Abou Akkada AR, el-Shazly K, Naga MA, Borhami BE, Abaza MA (1979) Effect of increased levels of urea in the diet on ruminal protozoal counts in four ruminant species. *Journal of Animal Science* 49:1300-1305
- Nour MMS, Abusamra MT, Hago BED (1998) Experimentally induced lactic acidosis in nubian goats: clinical, biochemical and pathological investigations. *Small Ruminant Research* 31:7-17
- O'Kelly JC, Spiers WG (1990) Influence of host diet on the fatty acid composition and content of rumen protozoa in cattle. *Journal of Protozoology* 37:190-193
- Obanda V, Gakuya F, Lekolool I, Chege S, Okita B, Manyibe T (2008) Ciliated intestinal protozoa of black (*Diceros bicornis michaeli*) and white rhinoceroses (*Ceratotherium simum simum*) in Kenya. *African Journal of Ecology* 46:144-148
- Odenyo AA, Osuji PO, Karanfil O (1997) Effect of multipurpose tree (MPT) supplements on rumen ciliate protozoa. *Animal Feed Science and Technology* 67:169-180
- Ogimoto K, Imai S (1981) *Atlas of rumen microbiology*. Japan Scientific Societies Press, Tokyo
- Ogimoto K, Imai S, Asada T, Fujita J (1983) Bacterial flora, protozoal fauna and volatile fatty acids in the rumen of the water buffalo (*Bubalus bubalis*) in tropical Asia. *South African Journal of Science* 13:59-61
- Oldemeyer JL, Franzmann AW, Brundage AL, Arneson PD, Flynn A (1977) Browse quality and Kenia moose population. *Journal of Wildlife Management* 41:533-542
- Oltjen RR, Gutierrez J, Lehmann RP, Davis RE (1966) Rumen chemical and microbial characteristics of steers fed a purified and a natural diet. *Journal of Animal Science* 25:521
- Onetti SG, Shaver RD, McGuire MA, Grummer RR (2001) Effect of type and level of dietary fat on rumen fermentation and performance of dairy cows fed corn silage-based diets. *Journal of Dairy Science* 84:2751-2759
- Onodera R, Kandatsu M (1970) Amino acid and protein metabolism of rumen ciliate protozoa. 5. Investigation of artificial buffer solution for cultivation of ciliates. *Japanese Journal of Zootechnical Science* 41:343-348
- Onodera R, Henderson (1980) Growth factors of bacterial origin for the culture of the rumen oligotrich protozoon, *Entodinium caudatum*. *Journal of Applied Bacteriology* 48:125-134
- Orpin CG, Letcher AJ (1978) Some factors controlling the attachment of the rumen holotrich protozoa *Isotricha intestinalis* and *I. prostoma* to plant particles in vitro. *Journal of General Microbiology* 106:33-40
- Orpin CG, Hall FJ (1983) Surface structures of the rumen holotrich protozoon *Isotricha intestinalis* with particular reference to the attachment zone. *Current Microbiology* 8:321-325
- Oshio S (1987) The effects of ratio of concentrate to roughage on the ciliate protozoa in the rumen heifers. *Japanese Journal of Zootechnical Science* 58:36-43
- Owen-Smith N (1982) Factors influencing the consumption of plant products by large herbivores. In: Huntley BJ, Walker BH (eds) *Ecology of tropical savannas* Springer, Berlin
- Oxford AE (1951) The conversion of certain soluble sugars to a glucosan by holotrich ciliates in the rumen of sheep. *Journal of General Microbiology* 5:83-90
- Oxford AE (1955a) The bacteriology and protozoology of ruminant digestion. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 6:413-418
- Oxford AE (1955b) The rumen ciliate protozoa: their chemical composition, metabolism, requirements for maintenance and culture, and physiological significance for the host. *Experimental Parasitology* 4:569-605
- Oxford AE (1958) Bloat in cattle 9. Some observations on the culture of the cattle rumen ciliate *Epidinium ecaudatum* Crawley occurring in quantity in cows fed on red clover (*Trifolium pratense* L.). *New Zealand Journal of Agricultural Research* 1:809-824
- Parra R (1978) Comparison of foregut and hindgut fermentation in herbivores. In: Montgomery GG (ed) *The ecology of arboreal folivores* Smithsonian Institution Press, Washington, DC, pp 205-230
- Patton RA, McCarthy RD, Griel LC, Jr. (1970) Lipid synthesis by rumen microorganisms. II. Further characterization of the effects of methionine. *Journal of Dairy Science* 53:460-465
- Pearson HA (1965) Rumen organisms in white-tailed deer from South Texas. *Journal of Wildlife Management* 29:493-496
- Pearson HA (1967) Rumen microorganisms in buffalo from Southern Utah. *Applied Microbiology* 15:1450-1451
- Pearson HA (1969) Rumen microbial ecology in mule deer. *Applied Microbiology* 17:819-824
- Poljansky G, Strelkow AA (1938) Etude expérimentale sur la variabilité de quelques Ophryoscolécidés. *Archives de Zoologie Expérimentale et Générale* 80:1-123
- Potter EL, Dehority BA (1973) Effects of changes in feed level, starvation, and level of feed after starvation upon the concentration of rumen protozoa in the ovine. *Applied Microbiology* 26:692-698
- Pounden WD, Hibbs JW (1950) The development of calves raised without protozoa and certain other characteristic rumen microorganisms. *Journal of Dairy Science* 33:639-644

- Prins RA, Geelen MJH (1971) Rumen characteristics of red deer, fallow deer, and roe deer. *Journal of Wildlife Management* 35:673-679
- Prins RA, Prast ER (1973) Oxidation of NADH in a coupled oxidase-peroxidase reaction and its significance for the fermentation in rumen protozoa of the genus *Isotricha*. *Journal of Protozoology* 20:471-477
- Prins RA (1977) Biochemical activities of gut microorganisms. In: Clarke RT, Bauchop T (eds) *Microbial ecology of the gut*. Academic Press, New York
- Prins RA, Van Hoven W (1977) Carbohydrate fermentation by the rumen ciliate *Isotricha prostoma*. *Protistologica* 13:549-556
- Punia BS, Leibholz J, Faichney GJ (1987) The role of rumen protozoa in the utilization of paspalum (*Paspalum dilatatum*) hay by cattle. *British Journal of Nutrition* 57:395-406
- Purser DB, Moir RJ (1959a) Ruminal flora studies in the sheep. IX. The effect of pH on the ciliate population of the rumen in vivo. *Australian Journal of Agricultural Research* 10:555-564
- Purser DB, Moir RJ (1959b) The effect of pH on the ciliate population of the rumen in vivo. *Australian Journal of Agricultural Research* 10:555-564
- Purser DB (1961) A diurnal cycle for Holotrich protozoa of the rumen. *Nature* 190:831-832
- Purser DB, Klopfenstein T, J, Cline JH (1965) Influence of tylosine and aureomycin upon rumen metabolism and the microbial population. *Journal of Animal Science* 24:1039-1044
- Purser DB, Moir RJ (1966a) Variations in rumen volume and associated effects as factors influencing metabolism and protozoa concentrations in the rumen of sheep. *Journal of Animal Science* 25:516
- Purser DB, Moir RJ (1966b) Dietary effects upon concentrations of protozoa in the rumen. *Journal of Animal Science* 25:668-674
- Putnam ME, Comben N (1987) Vitamin E. *Veterinary Record* 121:541-545
- Putnam PA, Gutierrez J, Davis RE (1961) Effects of frequency feeding upon rumen volatile acids, protozoal populations, and weight gains in Angus heifer calves. *Journal of Dairy Science* 44:1364
- Quinn LY (1962) Continuous culture of ruminal microorganisms in chemically defined medium. I. Design of continuous-culture apparatus. *Applied Microbiology* 10:580-582
- Quinn LY, Burroughs W, Christiansen WC (1962) Continuous culture of ruminal microorganisms in chemically defined medium. II. Culture medium studies. *Applied Microbiology* 10:583-592
- Robbins C (1993) *Wildlife feeding and nutrition*. Academic Press, San Diego, CA
- Rufener WH, Jr., Nelson WO, Wolin MJ (1963) Maintenance of the rumen microbial population in continuous culture. *Applied Microbiology* 11:196-201
- Ruiz DR, Garcia AI, Moumen A, Alcaide EM (2004) Ruminal fermentation and degradation patterns, protozoa population and urinary purine derivatives excretion in goats and wethers fed diets based on olive leaves. *Journal of Animal Science* 82:3006-3014
- Russell JB, Strobel HJ (1989) Effect of ionophores on ruminal fermentation. *Applied and Environmental Microbiology* 55:1-6
- Russell JB, Rychlik JL (2001) Factors that alter rumen microbial ecology. *Science* 292:1119-1122
- Sahu NP, Kamra DN (2002) Microbial eco-system of the gastro-intestinal tract of wild herbivorous animals. *Journal of Applied Animal Research* 21:207-230
- Saini R, Ahuja SP, Bhatia SK (1977) In vitro incorporation of 2-<sup>14</sup>C-butyrate, U-<sup>14</sup>C-glucose and 32P-disodium hydrogen phosphate into protozoal lipids. *Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe A* 24:580-590
- Schönhusen U, Zitnan R, Kuhla S, Jentsch W, Derno M, Voigt J (2003) Effects of protozoa on methane production in rumen and hindgut of calves around time of weaning. *Archives of Animal Nutrition* 57:279-295
- Schwarm A, Ortmann S, Wolf C, Streich WJ, Clauss M (2008) Excretion patterns of fluids and particle passage markers of different size in banteng (*Bos javanicus*) and pygmy hippopotamus (*Hexaprotodon liberiensis*): two functionally different foregut fermenters. *Comparative Biochemistry and Physiology A* 150:32-39
- Scott RI, Yarett N, Hillman K, Williams A, Lloyd D (1983) The presence of oxygen in rumen liquor and its effects on methanogenesis. *Journal of Applied Bacteriology* 55:143-149
- Sedloeve N, Alert HJ, Voigt J, Piatkowski B (1976) [The protozoa population in the rumen of fattening bulls fed varying feed and the effect of artificial transfer of protozoa]. *Archiv für Tierernährung* 26:849-855
- Selim HM, Imai S, Yamato O, el Kabbany A, Kiroloss F, Maede Y (1996) Comparative study of rumen ciliates in buffalo, cattle and sheep in Egypt. *Journal of Veterinary Medicine Science* 58:799-801
- Selim HM, Imai S, el Sheik AK, Attia H, Okamoto E, Miyagawa E, Maede Y (1999) Rumen ciliate protozoal fauna of native sheep, Friesian cattle and dromedary camel in Libya. *Journal of Veterinary Medicine Science* 61:303-305
- Shimizu M, Kinoshita M, Fujita J, Imai S (1983) Rumen ciliate protozoal fauna and composition of the zebu cattle, *Bos indicus*, and water buffalo, *Bubalis bubalis*, in Philippines. *The Bulletin of the Nippon Veterinary and Zootechnical College* 32:83-88
- Short H, Blair R, Segelquist C (1974) Fiber composition and forage digestibility by small ruminants. *Journal of Wildlife Management* 38:197-209
- Silva M, Downing JA (1995) *CRC handbook of mammalian body masses*. CRC Press, Boca Raton
- Singh N, Iqbal S, Setia MS (1993) Effect of diets on rumen ciliate protozoa in buffalo calves (*Bubalus bubalis*). *Buffalo Journal* 9:107-115
- Sinha RN, Sharma DD, Nambudripal VKN, Ranganathan B (1974) Preliminary observations on the effect of ration after feeding at different intervals on the microbial population and metabolic products of buffalo rumen. *Indian Journal of Animal Science* 44:18-21
- Sládeček F (1946) Ophryoscolecidae from the stomach of *Cervus elaphus* L., *Dama dama* L., and *Capreolus capreolus* L. *Vestník Česká Společnost Zool* 10:201-231

- Śliwiński BJ, Kreuzer M, Wettstein H-R, Machmuller A (2002) Rumen fermentation and nitrogen balance of lambs fed diets containing plant extracts rich in tannins and saponins, and associated emissions of nitrogen and methane. *Archives of Animal Nutrition* 56:379-392
- Slyter LL, Oltjen RR, Putnam PA (1965) Rumen microorganisms in wheat vs. corn all-concentrate steer rations. *Journal of Animal Science* 24:1218
- Slyter LL, Oltjen RR, Kern DL, Blank FC (1970) Influence of type and level of grain and diethylstilbestrol on the rumen microbial populations of steers fed all-concentrate diets. *Journal of Animal Science* 31:996-1002
- Slyter LL (1976) Influence of acidosis on rumen function. *Journal of Animal Science* 43:910-929
- Srivastava RVN, Chaturvedi ML (1973) Studies on the rumen microbes of cattle and buffalo. *Indian Journal of Animal Science* 43:615-617
- Stern MD, Hoover WH, Leonard JB (1977a) Ultrastructure of rumen holotrichs by electron microscopy. *Journal of Dairy Science* 60:911-918
- Stern MD, Hoover WH, Summers RG, Jr., Rittenburg JH (1977b) Ultrastructure of rumen entodiniomorphs by electron microscopy. *Journal of Dairy Science* 60:902-910
- Stevens CE, Hume ID (1998) Contributions of microbes in vertebrate gastrointestinal tract to production and conservation of nutrients. *Physiological Reviews* 78:393-427
- Storry JE, Brumby PE, Hall AJ, Johnson VW (1974) Response of the lactating cow to different methods of incorporating casein and coconut oil in the diet. *Journal of Dairy Science* 57:61-67
- Stumm CK, Gijzen HJ, Vogels GD (1982) Association of methanogenic bacteria with ovine rumen ciliates. *British Journal of Nutrition* 47:95-99
- Sugden B, Oxford AE (1952) Some cultural studies with holotrich ciliate protozoa of the sheep's rumen. *Journal of General Microbiology* 7:145-153
- Sugden B (1953) The cultivation and metabolism of oligotrich protozoa from the sheep's rumen. *Journal of General Microbiology* 9:44
- Sun P, Song W, Clamp J, Al-Rasheid KA (2006) Taxonomic characterization of *Vorticella fusca* Pocht, 1935 and *Vorticella parapulchella* n. sp., two marine peritrichs (Ciliophora, Oligohymenophorea) from China. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 53:348-357
- Tener JS (1965) Muskoxen in Canada. Canadian Wildlife Service
- Tengler de McLure M (1970) Algunas observaciones sobre los ciliados cecales del chiguire (*Hydrochoerus hydrochaeris*) en Venezuela. *Congreso Latinoamericano Zoológico* 1:313-319
- Thomas GJ (1960) Metabolism of the soluble carbohydrates of grasses in the rumen of sheep. *Journal of Agricultural Science* 54:360-372
- Thurston JP, Noirot-Timothee C, Arman P (1968) Fermentative digestion in the stomach of *Hippopotamus amphibius* (Artiodactyla: Suiformes) and associated ciliate protozoa. *Nature* 218:882-883
- Thurston JP, Grain J (1971) Holotrich ciliates from the stomach of *Hippopotamus amphibius*, with descriptions of two new genera and four new species. *Journal of Protozoology* 18:131-141
- Thurston JP, Noirot-Timothee C (1973) Entodiniomorph ciliates from the stomach of *Hippopotamus amphibius* with descriptions of two new genera and three new species. *Journal of Protozoology* 20:562-565
- Towne G, Nagaraja TG, Cochran RC, Harmon DL, Owensby CE, Kaufman DW (1988a) Comparisons of ruminal fermentation characteristics and microbial populations in bison and cattle. *Applied and Environmental Microbiology* 54:2510-2514
- Towne G, Nagaraja TG, Kemp KK (1988b) Ruminal ciliated protozoa in bison. *Applied and Environmental Microbiology* 54:2733-2736
- Towne G, Nagaraja TG (1989) Occurrence and diurnal population fluctuations of the ruminal protozoan *Microcetus lappus*. *Applied and Environmental Microbiology* 55:91-94
- Towne G, Nagaraja TG, Cochran RC (1989) Ruminal microbial populations and fermentation characteristics in bison and cattle fed high- and low-quality forage. *Microbial Ecology* 17:311-316
- Towne G, Nagaraja TG (1990) Omasal ciliated protozoa in cattle, bison, and sheep. *Applied and Environmental Microbiology* 56:409-412
- Towne G, Nagaraja TG, Brandt RT, Jr., Kemp KE (1990a) Dynamics of ruminal ciliated protozoa in feedlot cattle. *Applied and Environmental Microbiology* 56:3174-3178
- Towne G, Nagaraja TG, Brandt RT, Jr., Kemp KE (1990b) Ruminal ciliated protozoa in cattle fed finishing diets with or without supplemental fat. *Journal of Animal Science* 68:2150-2155
- Towne G, Nagaraja TG, Brandt RT, Jr., Gramlich SM (1991) Effects of supplemental tallow on rumen ciliated protozoa in feedlot cattle. *Archiv für Tierernährung* 41:203-207
- Trier HJ (1926) *Zeitschrift für vergleichende Physiologie* 4:305-330
- Tschuor A, Clauss M (2008) Investigations on the stratification of forestomach contents in ruminants: an ultrasonographic approach. *European Journal of Wildlife Research* 54:627-633
- Tung K-C, Chou S-R, Lee W-M, Wang J-S, Imai S (1995) Rumen ciliate fauna of Formosan sambar deer (*Cervus unicolor*) in Taiwan. *Taiwan Journal of Veterinary Medicine and Animal Husbandry* 65:347-354
- Tung K-C, Wang J-S, Chou S-R, Shyu C-L, Chang J-P, Imai S (1996) Rumen ciliate fauna of Formosan sika deer (*Cervus nippon taiouanus*) in Taiwan. *Taiwan Journal of Veterinary Medicine and Animal Husbandry* 66:259-264
- Ushida K, Jouany JP, Thivend P (1986a) Role of rumen protozoa in nitrogen digestion in sheep given two isonitrogenous diets. *British Journal of Nutrition* 56:407-419
- Ushida K, Miyazaki Y, Kawashima R (1986b) Effect of defaunation on ruminal gas and VFA production in vitro. *Japanese Journal of Zootechnical Science* 57:71-77
- Ushida K, Kayouli C, De Smet S, Jouany JP (1990) Effect of defaunation on protein and fibre digestion in sheep fed on ammonia-treated straw-based diets with or without maize. *British Journal of Nutrition* 64:765-775

- Ushida K, Jouany JP, Demeyer DI (1991) Effects of presence or absence of rumen protozoa on the efficiency of utilisation of concentrate and fibrous feeds. In: Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants: Proceedings of the Seventh International Symposium on Ruminant Physiology, pp 625-654
- Usueli F (1930) Archiv für Landwirtschaft Abt. B, Tierernährung und Tierzucht 3:4-19
- Valdez RE, Alvarez FJ, Ferreiro HM, Guerra F, Lopez J, Priego A, Blackburn TH, Leng RA, Preston TR (1977) Rumen function in cattle given sugar cane Tropical Animal Production 2:260-272
- Van der Wath JG, Myburgh SJ (1941) Studies on the alimentary tract of merino sheep in South Africa. VI.- The role of infusoria in ruminal digestion with some remarks on ruminal bacteria. Onderstepoort Journal of Veterinary Science and Animal Industry 17:61
- Van Hoven W (1974) Ciliate protozoa and aspects of the nutrition of the hippopotamus in the Kruger National Park. South African Journal of Science 70:107-109
- Van Hoven W (1975) Rumen ciliates of the tsessebe (*Damaliscus lunatus lunatus*) in South Africa. Journal of Protozoology 22:457-462
- Van Hoven W, Prins RA (1977) Carbohydrate fermentation by the rumen ciliate *Dasytricha ruminantium*. Protistologica 13:599-606
- Van Hoven W (1978) Development and seasonal changes in the rumen protozoan population in young blesbok (*Damaliscus dorcas phillipsi* Harper 1939). South African Journal of Wildlife Research 8:127-130
- Van Hoven W, Hamilton-Attwell VL, Grobler JH (1979) Rumen ciliate protozoa of the sable antelope *Hippotragus niger*. South African Journal of Wildlife Research 14:37-42
- Van Hoven W (1983) Rumen ciliates with description of two new species from three African reedbuck species. Journal of Protozoology 30:688-691
- Van Hoven W, Gilchrist FM, Hamilton-Attwell VL (1987) Intestinal ciliated protozoa of African rhinoceros: two new genera and five new species from the white rhino (*Ceratotherium simum* Burchell, 1817). Journal of Protozoology 34:338-342
- Van Hoven W, Gilchrist FM, Hamilton-Attwell VL (1988) A new family, genus, and seven new species of Entodiniomorphida (Protozoa) from the gut of African rhinoceros. Journal of Protozoology 35:92-97
- Van Hoven W, Gilchrist FM, Telfer TC (1992) A comparison of rumen ciliates in black-tailed deer from California and Hawaii. California Fish and Game 78:124-127
- Van Hoven W, Gilchrist FM, Liebenberg H, Van der Merwe CF (1998a) Three new species of ciliated Protozoa from the hindgut of both white and black wild African rhinoceroses. Onderstepoort Journal of Veterinary Research 65:87-95
- Van Hoven W, Gilchrist FMC, Stenson MO (1998b) Six new ciliated protozoan species of Trichostomatida, Entodiniomorphida and Suctorida from the intestine of wild African rhinoceroses. Acta protozoologica 37:113-124
- Van Nevel CJ, Demeyer DI (1981) Effect of methane inhibitors on the metabolism of rumen microbes in vitro. Archiv für Tierernährung 31:141-151
- Van Nevel CJ, Demeyer DI, van de Voorde G (1985) Effect of defaunating the rumen on growth and carcass composition of lambs. Archiv für Tierernährung 35:331-337
- Van Nevel CJ, Demeyer DI (1996) Control of rumen methanogenesis. Environmental Monitoring and Assessment 42:73-97
- Van Soest PJ (1982) Rumen microbes. In: Van Soest PJ (ed) Nutritional Ecology of the Ruminant. O & B Books Inc, pp 152-177
- Van Soest PJ (1994a) Nutritional ecology of the ruminant, 2nd edn. Cornell University Press, Ithaca
- Van Soest PJ (1994b) Microbes in the gut. In: Van Soest PJ (ed) Nutritional Ecology of the Ruminant, 2 edn. Cornell University Press
- Vance RD, Preston RL, Klosterman EW, Cahill VR (1972) Utilization of whole, shelled, and crimped corn grain with varying proportions of corn silage by growing-finishing steers. Journal of Animal Science 35:598-605
- Varel VH, Dehority BA (1989) Ruminal cellulolytic bacteria and protozoa from bison, cattle-bison hybrids, and cattle fed three alfalfa-corn diets. Applied and Environmental Microbiology 55:148-153
- Veira DM, Ivan M, Jui PY (1983) Rumen ciliate protozoa: effects on digestion in the stomach of sheep. Journal of Dairy Science 66:1015-1022
- Veira DM (1986) The role of ciliate protozoa in nutrition of the ruminant. Journal of Animal Science 63:1547-1560
- Vogels GD, Hoppe WF, Stumm CK (1980) Association of methanogenic bacteria with rumen ciliates. Applied and Environmental Microbiology 40:608-612
- Wallis OC, Coleman GS (1967) Incorporation of <sup>14</sup>C-labelled components of *Escherichia coli* and of amino acids by *Isotricha intestinalis* and *Isotricha prostoma* from the sheep rumen. Journal of General Microbiology 49:315-323
- Warner AC (1962) Some factors influencing the rumen microbial population. Journal of General Microbiology 28:129-146
- Warner AC (1965) Factors influencing numbers and kinds of micro-organisms in the rumen. In: Dougherty RW (ed) Physiology of digestion in the ruminant, Washington, DC, p 346
- Warner AC (1966a) Periodic changes in the concentrations of micro-organisms in the rumen of a sheep fed a limited ration every three hours. Journal of General Microbiology 45:237-241
- Warner AC (1966b) Diurnal changes in the concentrations of micro-organisms in the rumens of sheep fed limited diets once daily. Journal of General Microbiology 45:213-235
- Warner AC (1966c) Diurnal changes in the concentrations of micro-organisms in the rumens of sheep fed to appetite in pens or at pasture. Journal of General Microbiology 45:243-251
- Weller RA, Pilgrim AF (1974) Passage of protozoa and volatile fatty acids from the rumen of the sheep and from a continuous in vitro fermentation system. British Journal of Nutrition 32:341-351

- 
- Wertheim P (1934a) Les infusoires de l'estomac de *Rupicapra rupicapra* L. Annales de Parasitologie Humaine et Comparée 12:390-393
- Wertheim P (1934b) Ueber die Beschaffenheit der Infusorienmagenfauna von *Capreolus capreolus* Zoologischer Anzeiger 106:67-70
- Westerling B (1970) Rumen ciliate fauna of semi-domestic reindeer (*Rangifer tarandus* L.) in Finland: Composition volume and some seasonal variation. Acta Zoologica Fennica 127:1-76
- Whitelaw FG, Eadie JM, Bruce LA, Shand WJ (1984) Methane formation in faunated and ciliate-free cattle and its relationship with rumen volatile fatty acid proportions. British Journal of Nutrition 52:261-275
- Wilkinson RC, Van Hoven W (1976) Rumen ciliate fauna of the springbok (*Antidorcas marsupialis*) in southern africa. Zoologia Africana 11:1-22
- Wilkinson RC, van Hoven W (1976) Rumen ciliate fauna of the springbok (*Antidorcas marsupialis*) in southern africa. Zool Afr 11:1-22
- Williams A, Coleman GS (1992) The rumen protozoa. In: Brock/Springer Series in Contemporary Bioscience. Springer-Verlag, New York, p 442
- Williams AG, Harfoot CG (1976) Factors affecting the uptake and metabolism of soluble carbohydrates by the rumen ciliate *Dasytricha ruminantium* isolated from ovine rumen contents by filtration. Journal of General Microbiology 96:125-136
- Williams AG (1979a) The selectivity of carbohydrate assimilation by the anaerobic rumen ciliate *Dasytricha ruminantium*. Journal of Applied Bacteriology 47:511-520
- Williams AG (1979b) Exocellular carbohydrase formation by rumen holotrich ciliates. Journal of Protozoology 26:665-672
- Williams AG, Morrison IM (1982) Studies on the production of saccharinic acids by the alkaline treatment of young grasses and their effectiveness as substrates for mixed rumen microorganisms. Journal of the Science of Food and Agriculture 33:21-29
- Williams AG, Strachan NH (1984) The distribution of polysaccharide degrading enzymes in the bovine rumen digesta ecosystem. Current Microbiology 10:215-220
- Williams AG, Withers SE, Coleman GS (1984) Glycoside hydrolases of rumen bacteria and protozoa. Current Microbiology 10:287-294
- Williams AG (1986) Rumen holotrich ciliate protozoa. Microbiology Review 50:25-49
- Williams AG, Coleman GS (1988) The rumen protozoa. In: Hobson PN (ed) The rumen microbial ecosystem Elsevier Science Publisher Ltd, Barking, Essex
- Williams AG, Withers SE (1993) Changes in the rumen microbial population and its activities during the refaunation period after the reintroduction of ciliate protozoa into the rumen of defaunated sheep. Canadian Journal of Microbiology 39:61-69
- Williams PP, Gutierrez J, Doetsch RN (1960) Protein degradation and other physiological studies on the rumen ciliate *Ophryoscolx caudatus* Eberlein. Bacteriology Proceedings:32
- Williams PP, Davis RE, Doetsch RN, Gutierrez J (1961) Physiological studies of the rumen protozoan *Ophryoscolex caudatus* Eberlein. Applied Microbiology 9:405-409
- Williams PP, Gutierrez J, Davis RE (1963) Lipid metabolism of rumen ciliates and bacteria. II. Uptake of fatty acids and lipid analysis of *Isotricha intestinalis* and rumen bacteria with further information on *Entodinium simplex*. Applied Microbiology 11:260-264
- Williams PP, Dinusson WE (1973a) Amino acid and fatty acid composition of bovine ruminal bacteria and protozoa. Journal of Animal Science 36:151-155
- Williams PP, Dinusson WE (1973b) Ruminal volatile fatty acid concentrations and weight gains of calves reared with and without ruminal ciliated protozoa. Journal of Animal Science 36:588-591
- Wolin MJ (1974) Metabolic interactions among intestinal microorganisms. American Journal of Clinical Nutrition 27:1320-1328
- Wright AD (1960a) Nature 185:546-547
- Wright DE (1959) Hydrogenation of lipids by rumen Protozoa. Nature 184:875-876
- Wright DE (1960b) Pectic enzymes in rumen protozoa. Archives of Biochemistry and Biophysics 86:251-254
- Wright DE (1961) Bloat in cattle. XX. Lipase activity of rumen microorganisms. New Zealand Journal of Agricultural Research 4:216-223
- Yoshida M, Katsuki T (1980) Ingestion and digestion of carbohydrates by rumen ciliate protozoa in vitro. Nippon Jui Chikusan Kenyu Hokoku 29:63-68
- Zielyk MW (1961) Ophroscolecid fauna from the stomach of the white-tailed deer (*Odocoileus virginianus borealis*), and observations on the division of *Entodinium dubardi* Buisson 1923 (Ciliata Entodiniomorpha). Journal of Protozoology 8:33-41

## 9 APPENDIX

### 9.1 Quellensammlung zu Hauswiederkäuern

#### 9.1.1 Hausrinder

Quelle	Rauhfutter %	NDF %TS	Ges.-Konz.	Entod. %	Epid. %	Dipl. %	Holo. %	Rest. %
(Bragg et al. 1986)	x		x					
(Dehority et al. 1983)			x	x	x	x	x	x
(Dehority et al. 1999b)	x		x	x	x	x	x	
(Dehority & Mattos 1978)			x	x	x	x	x	x
(Dennis et al. 1983)	x		x					
(Franzolin & Dehority 1996)	x		x					
(Froetschel et al. 1990)	x	x	x				x	x
(Hristov et al. 2001)	x	x	x	x	x	x	x	
(Kreikemeier et al. 1990)			x	x	x		x	x
(Lyle et al. 1981b)	x		x					
(Metzger et al. 1976)			x					
(Mohammed et al. 2004)	x	x	x					
(Nagaraja et al. 1992)	x		x	x	x			
(Nagaraja & Towne 1990)	x		x	x	x		x	x
(Nour et al. 1979)	x		x	x	x	x	x	x
(Punia et al. 1987)	x	x	x					
(Srivastava & Chaturvedi 1973)			x	x	x	x	x	x
(Towne & Nagaraja 1989)	x		x	x	x	x	x	x
(Towne et al. 1991)	x		x					
(Towne et al. 1990b)	x		x	x	x		x	x
(Towne et al. 1989)	x	x	x	x	x	x	x	

#### 9.1.2 Hausschafe

Quelle	Rauhfutter %	Ges.-Konz.	Entod. %	Epid. %	Dipl. %	Holo. %	Rest. %
(Christiansen et al. 1964)	x	x					
(Czerkawski et al. 1975)	x	x					
(De Smet et al. 1992)	x	x					
(Dehority & Odenyo 2003)	x	x	x	x	x	x	x
(Dehority 1978)	x	x	x	x	x	x	x
(Dehority & Purser 1970)	x	x					
(Enzinger & Hartfiel 1998)		x	x	x	x	x	x
(Grubb & Dehority 1975)	x	x					
(Ikwuegbu & Sutton 1982)	x	x					
(Klopfenstein et al. 1966)	x	x					
(Michalowski et al. 1986)	x	x					
(Nour et al. 1979)	x	x					
(Odenyo et al. 1997)	x	x	x				x
(Potter & Dehority 1973)	x	x					
(Purser & Moir 1966b)	x	x	x				x
(Purser & Moir 1959a)	x	x					
(Van der Wath & Myburgh 1941)	x	x					
(Weller & Pilgrim 1974)	x	x					

## 9.2 Angaben zu einzelnen Wildwiederkäuerarten

Wie bereits im Kapitel 4 erläutert, wurden Angaben in den Publikationen über die Protozoenkonzentration und die generische Zusammensetzung, welche in Zahlen ausgedrückt waren, nach Tierarten unterteilt und in Excel-Tabellen gesammelt. In Anlehnung an das Paper von Dehority und Odenyo (2003) wurden die Protozoenzahlen in Einheiten von  $10^4/\text{ml}$  und die Anteile der Gattungen in % ausgedrückt. In einigen Artikeln waren die Zahlen pro Gramm angegeben. In solchen Fällen wurde  $1\text{ml} = 1\text{g}$  gesetzt und diese Werte mit einem \* markiert. Die Aufteilung der Protozoen erfolgte in die Gattungen Entodinium, Epidinium, Diplodinium, Holotriche und Restliche.

Die Tiere wurden drei Gruppen zugeordnet: „Freie Wildbahn“, „Wildtier-Farm“ oder „Gefangenschaft“. Bei Tieren in Gefangenschaft wurde noch angegeben, ob sich ihre Ration aus reinem Rauhfutter, reinem Konzentrat oder einer gemischten Ration zusammensetzte. Bei Tieren aus der freien Natur wurde, sofern in der Studie angegeben, noch die Jahreszeit, in welcher sie erlegt wurden, vermerkt.

Mittelwerte berechnen sich für a) Tiere aus freier Wildbahn/von Wildfarmen (ohne Beifütterung) mit allen Daten und b) Tiere aus freier Wildbahn/von Wildfarmen (ohne Beifütterung) unter Ausschluss von Nullwerten (also ohne Studien zu berücksichtigen, die keine Protozoen feststellten).

### 9.2.1 Kantschile (*Tragulus spp.*)

Jameson (1925) untersuchte Fleckenkantschile aus Ceylon. Er fand drei Gattungen, wobei Entodinium und Diplodinium am dominantesten waren und Isotricha in geringerer Zahl vorkam. Dogiel (1927) hingegen berichtete nur von Entodinium und Epidinium.

Imai et al. (1995) analysierten die Fauna von zwei Kleinkantschilen, die mit Kaninchenpellets, Karotten, Kuhbohnen und Wasserspinat gefüttert wurden. Sie fanden sechs Spezies, eine Isotrichide und fünf Entodiniomorphe. Die Ziliatenzusammensetzung unterschied sich somit deutlich von derjenigen des Fleckenkantschils.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Kleinkantschilen (*Tragulus javanicus*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Rest	Holo	Sp	Quelle
		$10^4/\text{ml}$	%	%	%	%	%		
Gefangenschaft, gem.	1	46.0						6.0	(Imai et al. 1995)
Gefangenschaft, gem.	1	51.0						6.0	(Imai et al. 1995)
Mittelwerte m. FV		48.5						6.0	

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Fleckenkantschilen (*Tragulus memminna*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Rest	Holo	Sp	Quelle
		$10^4/\text{ml}$	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn								7.0	(Dogiel 1927)
Mittelwerte o. FV								7.0	

### 9.2.2 Gabelbock (*Antilocapra americana*)

Gabelböcke aus Montana waren zu 66 % protozoenfrei und die übrigen 33 % beherbergten nur Spezies der Gattung Entodinium (Dehority 1995).

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Gabelböcken (*Antilocapra americana*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		$10^4/\text{ml}$	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	1	29.3	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	(Dehority 1995)
Freie Wildbahn	1	13.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(Dehority 1995)
Mittelwerte o. FV		21.2	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	



### 9.2.3 Giraffe (*Giraffa camelopardalis*)

Giraffen in der freien Wildbahn wurden von Dehority und Odenyo (2003) untersucht.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Giraffen (*Giraffa camelopardalis*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	1	110.1	97.4	0.0	0.3	2.3	0.0		(Dehority & Odenyo 2003)
Freie Wildbahn	1	54.1	61.0	0.0	28.5	10.7	0.0		(Dehority & Odenyo 2003)
Mittelwerte o. FV		82.1	79.2	0.0	14.4	6.5	0.0		

### 9.2.4 Okapi (*Okapia johnstoni*)

Clauss et al. (2006c) untersuchten ein Okapi aus einem Zoo, welches aufgrund von Zahnabnutzungen und Krankheiten euthanasiert werden musste. Die Fauna bestand nur aus Spezies der Gattungen Entodinium (*E. dubardi*, *E. longinucleatum*, *E. simulans*, *E. rectangulatum*, *E. simplex*, *E. caudatum*, *C. exiguum*, *E. parvum*, *E. rostratum*) und Dasytricha (*D. ruminantium*).

### 9.2.5 Axishirsch (*Axis axis*)

In einer Studie untersuchten Dehority et al. (1999a) adulte, weibliche Weisswedel-, Axis-, Sika- und Damhirsche. Den Tieren standen vier Weiden zur Verfügung, die auch von Wildtieren, Schafen und Ziegen genutzt wurden und deshalb eine niedere Qualität von Gras und Blättern aufwiesen. Bei drei Weiden bestand ein limitierter Wasserzugang, durch die vierte verlief ein Fluss. Die Pansenfauna der Tiere auf dem Areal 4 zeigte gegenüber den übrigen Arealen einige Besonderheiten. So wiesen sie die höchsten totalen Protozoenkonzentrationen auf, mit einem höheren Prozentsatz von Entodinium und bei den Axishirschen war der Anteil von Diplodiniinae auf diesem Areal tiefer als auf den Arealen 1 und 3. Die Resultate lassen den Schluss zu, dass ein unlimitierter Wasserzugang einen Effekt auf die Futteraufnahme hat (Dehority 1978). Zu beachten ist die Anfärbung der Proben des Areals 4 mit Lugolrot, was auf Stärke hinweist. Es wäre möglich, dass diese Weide ein hochwertigeres Grundfutter bot, was die höhere Protozoenzahl und den höheren Prozentsatz der Entodinium erklären würde.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Axishirschen (*Axis axis*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Game Ranch	31	62.7	77.6	0.3	3.2	0.0		9.0	(Dehority et al. 1999a)
Game Ranch	5	26.6	66.8			0.0			(Dehority et al. 1999a)
Game Ranch	10	33.4	64.2			0.0			(Dehority et al. 1999a)
Game Ranch, Fluss	10	340.2	95.4			0.0			(Dehority et al. 1999a)
Game Ranch	6	21.8	79.2			0.0			(Dehority et al. 1999a)
Mittelwerte o. FV		96.9	76.6	0.3	3.2	0.0		9.0	

### 9.2.6 Damhirsch (*Dama dama*)

Sládeček (1946) untersuchte Damhirsche und fand die Gattungen Entodinium, Diplodinium, Eudiplodinium und Epidinium, aber keine Holotrichen. Die Abwesenheit Letzterer bei kleineren Hirschen könnte laut dem Autor mit einer vermeintlichen, nicht belegten schnellen Passagezeit zusammenhängen.ENZINGER und Hartfiel (1998) hingegen beobachteten Holotriche bei Damhirschen, welche in Gefangenschaft lebten.

In einer Studie von Prins und Geelen (1971) wurden frei lebende Rothirsche und Damhirsche aus Holland untersucht. Damhirsche zeigten eine nicht signifikant höhere Protozoenkonzentration als Rothirsche. *Entodinium* spp. machte bei beiden Arten den grössten Anteil aus, während

Eudiplodinium, Epidinium und Diplodinium weniger zahlreich waren und Holotriche nicht gefunden wurden.

Kamler (1999) hingegen fand bei Damhirschen Protozoenzahlen, welche unter denjenigen von gleichzeitig untersuchten Rothirschen und Moufflons lagen, wobei die Konzentrationen innerhalb sehr weiter Grenzen schwankten.

In der bereits erwähnten Studie von Dehority et al. (1999a) wurden auch Damhirsche untersucht. Sie zeigten eine grössere Bandbreite an Protozoenspezies als Weisswedel-, Sika- und Axishirsche.

Enzinger und Hartfiel (1998) analysierten die Fauna von Schafen und Damwild, wobei Letztere höhere Protozoenkonzentrationen aufwiesen. Im Vergleich zu den Ergebnissen anderer Autoren wurden hier deutlich mehr Ziliaten gefunden, was durch das Futter in Gefangenschaft erklärt werden könnte. Insgesamt wurden 7 Gattungen identifiziert, wovon Entodinium den Hauptanteil ausmachte. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Drescher-Kaden und Seifelnasr (1977) wurden in dieser Studie auch Polyplastron und Eudiplodinium in geringer Zahl gefunden. Wurde die Energiezufuhr gesteigert, kam es zu einer Erhöhung der Protozoenzahl. Weiter zeigte sich eine Verschiebung zwischen den Gattungen mit einer Zunahme der Oligotrichen auf Kosten der Holotrichen, und einem Anstieg von Epidinium mit einem Rückgang der Entodinen beim Damwild respektive der Diplodinium bei den Schafen. Drescher-Kaden und Seifelnasr (1977) schlossen daraus, dass ein hoher Anteil von Epidinium im Pansen als ein Indikator für günstige Äsungsbedingungen gewertet werden kann.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Damhirschen (*Dama dama*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Game Ranch	25			1.9		0.1		12.0	(Dehority et al. 1999a)
Game Ranch	6	25.9	60.0						(Dehority et al. 1999a)
Game Ranch	10	33.6	67.0						(Dehority et al. 1999a)
Game Ranch, Fluss	5	330.2	97.7						(Dehority et al. 1999a)
Game Ranch	4	38.6	64.0						(Dehority et al. 1999a)
Game Ranch	25	50.9	71.0						(Dehority et al. 1999a)
Freie Wildbahn, Gebiet A	10	132.5	79.0	12.0	8.9	0.1			(Drescher-Kaden & Seifelnasr 1977)
Freie Wildbahn, Gebiet B	1	11.5	84.7	11.8	3.5	0.0			(Drescher-Kaden & Seifelnasr 1977)
Gefangenschaft, gem.	3	444.0	87.7	2.0	4.4	5.9	0.0		(Enzinger & Hartfiel 1998)
Gefangenschaft, gem.	3	538.0	78.4	10.0	7.3	4.3	0.0		(Enzinger & Hartfiel 1998)
Freie Wildbahn, Veg.	15	51.9							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Veg.	15	58.1							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Veg.	12	59.0							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Veg.	25	55.8							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Veg.	8	50.5							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Veg.	7	36.1							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Winter	15	34.9							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Winter	4	56.8							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Winter	5	40.2							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Winter	4	31.4							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Winter	7	53.4							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Winter	6	34.0				0.0			(Kamler 1999)
freie Wildbahn	16	59.1	92.25	0.0	10.5	0.0	0.0		(Prins & Geelen 1971)
Mittelwerte m. FV		101.2	78.18	6.3	6.9	1.5	0.0	12.0	
Mittelwerte o. FV		62.2	77.0	6.4	7.6	0.1	0.0	12.0	

### 9.2.7 Indischer Sambar (*Cervus unicolor*)

Die Pansenfauna indischer Sambarhirsche, welche auf einer Hirschfarm in Taiwan lebten, beinhaltete 11 Gattungen, 35 Spezies mit 19 Formen. Die meisten Spezies gehörten der Gattung Entodinium an, wobei *E. nanellum* die höchste Inzidenz aufwies. Daneben waren auch die Gattungen Diplodinium, Epidinium, Eudiplodinium, Eremoplastron, Metadinium, Ostracodinium und Elytroplastron vertreten (Tung et al. 1995). Bei einem Sambar in Indien wurden die Gattungen Entodinium, Eremoplastron, Eudiplodinium und Epidinium gesehen (Banerjee 1955).

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von indischen Sambarhirschen (*Cervus unicolor*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Game Ranch	1							7	(Banerjee 1955)
Game Ranch	37	92.6	87.9	0.0	7.2	3.9	0.5	35.0	(Tung et al. 1995)
Mittelwerte o. FV		92.6	87.9	0.0	7.2	3.9	0.5	21.0	

### 9.2.8 Sikahirsche (*Cervus nippon*)

In einer Studie von Imai et al. (1993) wiesen japanische Sikahirsche geringere Protozoenzahlen mit einem viel kleineren Entodiniumanteil auf als domestizierte Wiederkäuer, welche zuvor von denselben Autoren untersucht wurden (Imai et al. 1982). Von den gefundenen 9 Spezies aus 4 Gattungen war *E. simplex* am häufigsten. Aber auch *Di. rangiferi* war zahlreich vertreten, was laut den Autoren mit der faserreicheren Fütterung zusammenhängen könnte.

Ito et al. (1993) untersuchten Pansenproben von adulten Sikahirschen und Rindern aus Japan, welche auf einem Areal mit vielen Grasweiden und Büschen lebten. Die Dichte der Pansenziliaten lag bei den Hirschen generell über jenen von domestizierten Wiederkäuern. Alle untersuchten Sikahirsche besaßen nur eine von zwei Spezies der Gattung Entodinium; bei einem Tier wurde *E. dubardi* bei den Restlichen *E. simplex* gefunden. Die Autoren vermuteten, dass dies durch die Fressgewohnheit der Hirsche erklärt werden kann, welche zu den intermediären Fressern gezählt werden. Sie spekulieren, dass die Nahrung von Laubäsern wenig Fasern enthält, wodurch eine schnelle Fermentation und damit ein pH-Abfall verursacht wird. Somit würde der Pansen von intermediären Fressstypen bessere Umweltfaktoren für das Wachstum von Entodinia als derjenige von reinen Gras- oder Laubäsern bieten.

Im Pansen von Sikahirschen (*Cervus nippon taiouanus*) aus Taiwan wurden 11 Gattungen, 30 Spezies und 23 Formen gefunden. Neben Entodinium kamen auch Diplodinium und Epidinium vor (Tung et al. 1996).

Die bereits mehrfach erwähnte Studie von Dehority et al. (1999a) beschäftigte sich ebenfalls mit der Fauna von Sikahirschen. Dabei stellte sich heraus, dass nur diese zählbare Anteile von Isotricha beherbergen.

Ichimura et al. (2004) untersuchten Sikahirsche aus Hokkaido, Japan. Diese Gegend wird charakterisiert durch einen langen Winter mit Schneefall und einem hohen Futternährwert der Pflanzen im Sommer und Herbst, was den Tieren ein Anlegen von Fettreserven erlaubt. Dementsprechend war die Protozoenkonzentration im Sommer am höchsten. Im Winter, wo die Nahrung mehr fibröse Bestandteile und einen geringen Rohproteingehalt enthält, wurden nur rund 10 % der Sommerwerte erreicht.

**Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Sikahirschen (*Cervus nippon*)**

Haltung, Fütterung	n	Ges	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Game Ranch	26			2.6		0.8		11.0	(Dehority et al. 1999a)
Game Ranch	3	33.4	75.8		24.2				(Dehority et al. 1999a)
Game Ranch	8	45.8	80.0		6.4				(Dehority et al. 1999a)
Game Ranch, Fluss	4	269.3	84.1		15.9				(Dehority et al. 1999a)
Game Ranch	10	21.0	56.5		37.0				(Dehority et al. 1999a)
Game Ranch	25	42.9	71.1		21.7				(Dehority et al. 1999a)
Freie Wildbahn, Veg.	13	174.0						9.0	(Ichimura et al. 2004)
Freie Wildbahn, Herbst	9	48.0						9.0	(Ichimura et al. 2004)
Freie Wildbahn, Winter	10	17.0						8.0	(Ichimura et al. 2004)
Gefangenschaft, Rau.	1	5.0						9.0	(Imai et al. 2002)
Gefangenschaft, Rau., Veg	6	5.7						6.0	(Imai et al. 1993)
Gefangenschaft, Rau., Winter	5	21.0						6.0	(Imai et al. 1993)
Gefangenschaft, Rau., Früh	8	4.7						5.9	(Imai et al. 1993)
Gefangenschaft, Rau.	19	7.4						5.9	(Imai et al. 1993)
Freie Wildbahn	1	87.3	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(Ito et al. 1993)
Freie Wildbahn	1	33.4	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(Ito et al. 1993)
Freie Wildbahn	1	41.9	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(Ito et al. 1993)
Freie Wildbahn	1	115.1	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(Ito et al. 1993)
Freie Wildbahn	1	103.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(Ito et al. 1993)
Freie Wildbahn	1	39.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(Ito et al. 1993)
Freie Wildbahn	1	71.9	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(Ito et al. 1993)
Freie Wildbahn	1	0.3	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(Ito et al. 1993)
Freie Wildbahn	1	249.2	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(Ito et al. 1993)
Freie Wildbahn	1	30.3	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(Ito et al. 1993)
Freie Wildbahn	1	82.4	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(Ito et al. 1993)
Freie Wildbahn	1	137.3	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(Ito et al. 1993)
Freie Wildbahn	1	588.2	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(Ito et al. 1993)
Game Ranch	46		92.3	1.9	4.0	1.2	1.0	30.0	(Tung et al. 1996)
Mittelwerte m. FV		87.5	92.6	0.3	5.7	0.1	0.1	4.9	
Mittelwerte o. FV		106.2	92.6	0.3	5.7	0.2	0.1	4.4	

---

### 9.2.9 Rothirsch (*Cervus elaphus*)

Die von Brüggemann et al. (1967) beim Rotwild ermittelte Dichte der Protozoen unterschied sich nicht nennenswert von derjenigen von Hauswiederkäuern unter vergleichbaren Ernährungsbedingungen. Allerdings wurden Holotriche nur bei wenigen Tieren nachgewiesen.

Prins und Geelen (1971) untersuchten die Fauna von Rothirschen und Damhirschen aus Holland, wobei Erstere mehr Gattungen besaßen. *Entodinium* spp. machte bei beiden Arten den grössten Anteil aus, gefolgt von Eudiplodinium, Epidinium und Diplodinium. Auch Holotriche wurden gefunden.

Rothirsche im schottischen Hochland besaßen Eudiplodinium, Eremoplastron, Enoploplastron, Dasytricha und Isotricha, aber keine Entodinen (Hobson et al. 1976).

Die Gesamtzahl der Protozoen bei Rothirschen, welche von Drescher-Kaden (1981) untersucht wurden, schwankte in weiten Grenzen. *Entodinium* spp. kamen in keinem Fall als einzige Ziliatengattung vor, auch *Diplodinium* spp. war stets zu finden. Holotriche waren bei den Tieren aus dem Alpenraum häufiger vertreten als im Voralpenraum. Die Entodiniagruppe bildete zahlenmässig ca. 80 % der Ziliaten, umfasste aber nur etwa 10 % bis 20 % des Gesamtvolumens, während Diplodinia und Epidinia die Hauptmasse der Infusorien darstellten. Kamler (1999) fand bei Rothirschen höhere Protozoenkonzentrationen als bei Rehen.

**Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Rothirschen (*Cervus elaphus*)**

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn, Frühl.	2								(Brüggemann et al. 1967)
Freie Wildbahn, Veg.	20	66.2	81.2	8.7	10.5	0.78	0.0		(Brüggemann et al. 1967)
Freie Wildbahn, Veg.	7	96.9							(Brüggemann et al. 1967)
Freie Wildbahn, Veg.	5	58.5							(Brüggemann et al. 1967)
Freie Wildbahn, Herbst	25	74.0	85.9	7.0	9.1	0.17	0.0		(Brüggemann et al. 1967)
Freie Wildbahn, Herbst	8	45.7							(Brüggemann et al. 1967)
Freie Wildbahn, Herbst	9	103.8							(Brüggemann et al. 1967)
Freie Wildbahn, Winter	22	40.4	84.4	4.9	9.7	7.56	0.0		(Brüggemann et al. 1967)
Freie Wildbahn	1	*1.7	83.3	0.0	16.7	0.0	0.0		(Drescher-Kaden 1981)
Freie Wildbahn	1	*5.0	82.0	0.5	17.5	0.0	0.0		(Drescher-Kaden 1981)
Freie Wildbahn	1	*6.0	80.0	4.5	15.5	0.0	0.0		(Drescher-Kaden 1981)
Freie Wildbahn	1	*10.5	81.4	4.1	14.5	0.0	0.0		(Drescher-Kaden 1981)
Freie Wildbahn	1	*39.0	68.5	18.2	13.3	0.0	0.0		(Drescher-Kaden 1981)
Freie Wildbahn	1	*10.6	65.1	10.7	24.2	0.0	0.0		(Drescher-Kaden 1981)
Freie Wildbahn	4	*80.0	84.9	6.8	8.3		0.0		(Drescher-Kaden 1981)
Freie Wildbahn	4	*50.4	76.7	9.1	14.2		0.0		(Drescher-Kaden 1981)
Freie Wildbahn	11	*80.4	82.7	4.7	12.0		0.0		(Drescher-Kaden 1981)
Freie Wildbahn, Frühl.	10	*48.1	87.1	4.9	7.1	0.9	0.0		(Drescher-Kaden 1981)
Freie Wildbahn, Veg.	27	*104.2	77.0	15.0	6.5	1.5	0.0		(Drescher-Kaden 1981)
Freie Wildbahn, Veg.	27	*87.7	83.6	6.0	9.9	0.5	0.0		(Drescher-Kaden 1981)
Freie Wildbahn, Herbst	26	*89.8	82.0	6.6	10.4	1.0	0.0		(Drescher-Kaden 1981)
Freie Wildbahn, Winter	25	*50.9	81.4	5.7	10.5	2.4	0.0		(Drescher-Kaden 1981)
Freie Wildbahn, Winter	52	*40.8	84.4	2.9	11.0	1.3	0.0		(Drescher-Kaden 1981)
Freie Wildbahn, Brunft	13	*20.7	84.2	5.1	10.5	0.2	0.0		(Drescher-Kaden 1981)
Freie Wildbahn		171.0							(Hobson et al. 1976)
Freie Wildbahn, Veg.	30	71.8							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Veg.	8	70.8							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Veg.	14	74.1							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Veg.	8	68.9							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Veg.	10	73.0							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Veg.	10	46.3							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Winter	30	40.9							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Winter	13	38.4							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Winter	12	44.0							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Winter	5	40.0							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Winter	18	71.2							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Winter	20	38.2							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn	10	42.2	91.5	3.3	6.0	1.6	0.0		(Prins & Geelen 1971)
Mittelwerte o. FV		56.8	81.4	6.4	11.9	1.1	0.0		

### 9.2.10 Waipiti (*Cervus elaphus canadensis*)

Dogiel (1927) analysierte die Fauna von Waipitis und fand dabei die Gattungen Entodinium, Eudiplodinium und Epidinium.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Waipitis (*Cervus elaphus canadensis*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn								3.0	(Dogiel 1927)
Mittelwerte o. FV								3.0	

### 9.2.11 Reh (*Capreolus capreolus*)

In verschiedenen Studien an wilden Rehen wurde beobachtet, dass nur ein Teil der Tiere eine schwach entwickelte Fauna beherbergte, während die Übrigen gar keine Protozoen besaßen (Wertheim 1934b; Brüggemann et al. 1967; Bach et al. 2005). Dies könnte durch den geringen Kontakt mit Artgenossen oder anderen Wiederkäuern bedingt sein (Brüggemann et al. 1967). So fanden auch Drescher-Kaden und Seifelnasr (1977) nur bei 13 von 32 Tieren Protozoen.

Im Gegensatz dazu wurden bei einem Tier aus einem zoologischen Garten in Zagreb sehr viele Protozoen gefunden (Wertheim 1934b). Dies steht laut dem Autoren wohl in Verbindung mit der üppigen Nahrung und dem dauernden Kontakt zu anderen Rehen.

Bei Untersuchungen von Dogiel (1927), Wertheim (1934b), Prins und Geelen (1971), Brüggemann et al. (1967) und Deutsch et al. (1998) wurde *E. dubardi dubardi* als einzige Spezies gefunden; diese Rehe beherbergten also keine Holotrichen. Das ausschliessliche Vorkommen einer Protozoenart, die unempfindlich gegen niedrige pH Werte ist, steht für Brüggemann et al. (1967) in guter Beziehung zu der Futterwahl von Rehen, die als besonders nährstoffreich und leicht fermentierbar verstanden wird.

Im Vergleich mit Rothirschen besaßen Rehe eine signifikant tiefere Protozoenzahl (Kamler 1999) und die jahreszeitlichen Schwankungen der Dichte waren ausgeprägter (Brüggemann et al. 1967). In beiden Studien kam es im Winter zu einem signifikanten Rückgang der Ziliatenpopulation.

In einer Studie von Enzinger und Hartfiel (1998) wurden Rehe und Ziegen untersucht. Die Protozoenkonzentration lag bei den Rehen deutlich höher als bei den Ziegen und stieg durch die Erhöhung der Mischfuttermenge bei beiden Tierarten signifikant an. Die Population setzte sich aus relativ wenigen Gattungen und Arten zusammen. Entodinium machte mit 91 % bis 100 % den grössten Anteil aus. Der pH war bei den Rehen (5.9-6.4) höher als bei den Ziegen (5.6). Die Autoren interpretierten, dass beim Reh mit bis zu 12 Äsungsphasen pro Tag, häufigerem Wiederkauen und vermehrtem Speichelfluss ein schnellerer Abbau der Nahrung stattfindet, was wiederum in höheren Protozoenkonzentrationen resultiert. Auch können die pro Zeiteinheit vermehrt gebildeten Fermentationsprodukte durch die relativ grössere Pansenschleimhaut schneller absorbiert werden, wodurch sich eine vergleichsweise geringere Konzentration an leicht flüchtigen Fettsäuren und ein höherer pH der Pansenflüssigkeit einstellen.

In einer Studie von Deutsch et al. (1998) wurden Untersuchungen an Rehen aus Schleswig-Holstein und Brandenburg durchgeführt. Die zellulolytische Aktivität korrelierte signifikant mit der Zahl der Ziliaten im Retikulorum. Die hier gefundenen Protozoenzahlen waren in der Vegetationsperiode sehr hoch und erreichten Werte, welche andere Autoren nur bei Tieren in Gefangenschaft messen konnten.

**Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Rehen (*Capreolus capreolus*)**

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	1	22.0						9.0	(Blancou et al. 1984)
Freie Wildbahn	1	58.0						11.0	(Blancou et al. 1984)
Freie Wildbahn	1	17.0						10.0	(Blancou et al. 1984)
Freie Wildbahn	1	76.0						9.0	(Blancou et al. 1984)
Freie Wildbahn	1	26.0						6.0	(Blancou et al. 1984)
Freie Wildbahn, Frühl.	6	77.2							(Brüggemann et al. 1967)
Freie Wildbahn, Herbst	7	40.5							(Brüggemann et al. 1967)
Freie Wildbahn, Winter	16	12.1							(Brüggemann et al. 1967)
Freie Wildbahn	37	*8.29	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Deutsch et al. 1998)
Freie Wildbahn, Veg.	37	*247.6	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Deutsch et al. 1998)
Freie Wildbahn								1.0	(Dogiel 1927)
Freie Wildbahn, Herbst	13	*6.2	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Drescher-Kaden & Seifelnasr 1977)
Freie Wildbahn, Herbst	19	*94.1	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Drescher-Kaden & Seifelnasr 1977)
Gefangenschaft, gem.	3	550.0	91.9	3.4	4.5	0.3	0.0		(Enzinger & Hartfiel 1998)
Gefangenschaft, gem.	3	5059.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Enzinger & Hartfiel 1998)
Freie Wildbahn, Veg.	52	57.2							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Winter	52	42.6							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Veg.	36	56.8							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Winter	16	58.1							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Veg.	0	0.0							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Winter	13	42.6							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Veg.	25	54.6							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Winter	27	59.8							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Veg.	5	69.3							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Winter	8	30.7							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn, Winter	6	16.4	0-100	0.0	0.0	0.0	0.0		(Prins & Geelen 1971)
Freie Wildbahn	6	0.0							(Wertheim 1934b)
Gefangenschaft	1	1062.0							(Wertheim 1934b)
Mittelwert m. FV		303.5	98.7	0.5	0.6	0.0	0.0	7.7	
Mittelwert o. FV		41.7	83.3	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	



### 9.2.12 Weisswedelhirsch (*Odocoileus virginianus*)

Die Konzentration der Protozoen war bei Weisswedelhirschen aus Ohio in der Jagdsaison relativ hoch und *E. dubardi* die einzig vorkommende Ziliatenspezies (Dehority 1990). Bei Tieren aus Texas war neben *E. dubardi* auch noch *E. longinucleatum* präsent (Pearson 1965) und bei solchen aus Montana wurden zusätzlich noch *Eu. impalae* festgestellt (Dehority 1995).

Das Vorkommen einer Fauna, die nur Entodiniumspezies enthält, wurde einem tiefen Pansen-pH zugeschrieben, da diese gegenüber azidotischen Verhältnissen toleranter sind als andere Protozoengattungen (Hungate 1966; Wilkonson & van Hoven 1976; Dehority 1986c). Damit aber das alleinige Vorkommen von *E. dubardi* und keiner anderen Entodiniumspezies erklärt werden kann, müsste diese pH-toleranter sein, was bisher aber nicht bewiesen werden konnte. Dehority (1990) spekuliert auch darüber, ob die Tiere inhibitorische oder toxische Substanzen aufnehmen oder die Rate der Flüssigkeits- oder Digestapassage einen Einfluss hat. Es fiel auf, dass sowohl die Grösse als auch die Morphologie der *E. dubardi* in diesen Proben stark variierte (Dehority 1990).

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Weisswedelhirschen (*Odocoileus virginianus*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	23	725.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(Dehority 1990)
Freie Wildbahn	1	105.4	99.1	0.0	0.0	0.0	0.9	6.0	(Dehority 1995)
Game Ranch	33			1.8		0.0		6.0	(Dehority et al. 1999a)
Game Ranch	8	32.5	97.0		2.8	0.0			(Dehority et al. 1999a)
Game Ranch	10	43.2	89.6		9.2	0.0			(Dehority et al. 1999a)
Game Ranch, Fluss	5	190.9	90.5		0.3	0.0			(Dehority et al. 1999a)
Game Ranch	10	30.7	95.2		4.8	0.0			(Dehority et al. 1999a)
Game Ranch	33	45.5	93.2		5.0	0.0			(Dehority et al. 1999a)
Mittelwerte o. FV		167.6	94.9	0.6	3.2	0.0	0.5	4.3	

### 9.2.13 Schwarzwedel- und Maultierhirsch (*Odocoileus hemionus*)

Pearson (1969) untersuchte sowohl frei lebende, als auch in Gefangenschaft lebende Maultierhirsche. Die Protozoenpopulation bestand dabei nur aus Entodiniumspezies, genauer aus *E. dubardi* und *E. longinucleatum*. Wenn den Tieren Salz ins Futter gemischt wurde, stieg die Ziliatenzahl an. Wilde Tiere zeigten signifikante Unterschiede zwischen den Jahreszeiten mit den höchsten Konzentrationen im Spätsommer.

In einer Studie von Van Hoven et al. (1992) wurden Schwarzwedelhirsche (*Odocoileus hemionus columbianus*) aus Kalifornien und Hawaii untersucht. In der prozentualen Zusammensetzung der Pansenziliaten zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Orten, was die Autoren darauf schliessen liess, dass sich die chemischen Zusammensetzungen der Futter entsprachen. Es wurden 9 Entodinium- und 2 Isotrichaspezies gefunden, wobei *E. dubardi* und *E. exiguum* vorherrschend waren.

Dehority (1995) analysierte den Panseninhalt von freilebenden Maultierhirschen aus Montana und fand dabei nur die Gattung Entodinium. Bei 43 % der Tiere bestand die Fauna ausschliesslich aus *E. dubardi*.

**Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Schwarzwedel- und Maultierhirschen (*Odocoileus hemionus*)**

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	1	71.8	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	(Dehority 1995)
Freie Wildbahn	1	46.6	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	(Dehority 1995)
Freie Wildbahn	1	11.5	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	(Dehority 1995)
Freie Wildbahn	1	15.7	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	(Dehority 1995)
Freie Wildbahn	1	12.8	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	(Dehority 1995)
Freie Wildbahn	1	35.1	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	(Dehority 1995)
Gefangenschaft, gem.		183.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Gefangenschaft, gem.	1	109.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Gefangenschaft, gem.	1	115.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Gefangenschaft, gem.	1	83.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Gefangenschaft, Rau.	1	47.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Gefangenschaft, Rau.	1	29.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Gefangenschaft, Rau.	1	43.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Gefangenschaft, Rau.	1	41.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Gefangenschaft, Rau.	1	63.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Gefangenschaft, Rau.	1	51.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Gefangenschaft, Rau.	1	81.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Gefangenschaft, Rau.	1	85.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Gefangenschaft, Rau.	1	83.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Gefangenschaft, kein Salz	1	36.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Gefangenschaft, kein Salz	1	91.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Gefangenschaft, kein Salz	1	7.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Gefangenschaft, kein Salz	1	19.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Gefangenschaft, Salz	1	69.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Gefangenschaft, Salz	1	119.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Gefangenschaft, Salz	1	44.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Gefangenschaft, Salz	1	61.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Freie Wildbahn, Früh.		37.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Freie Wildbahn, Spätsommer		73.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Freie Wildbahn, Frühherbst		21.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Freie Wildbahn, Spätherbst		35.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Freie Wildbahn, Winter		16.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Pearson 1969)
Freie Wildbahn			100.0					2.0	(Pearson 1969)
Freie Wildbahn	7		97.0	0.0	0.0	3.0	0.0	11.0	(Van Hoven et al. 1992)
Freie Wildbahn	6		100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	(Van Hoven et al. 1992)
Mittelwerte m. FV		57.3	99.9	0.0	0.0	0.1	0.0	5.3	
Mittelwerte o. FV		34.1	99.8	0.0	0.0	0.2	0.0	5.3	

### 9.2.14 Elch (*Alces alces*)

Dehority et. al (1995) untersuchten den Panseninhalt von Elchen aus Montana und fanden dabei eine vielfältige Fauna, welche sich aus den Gattungen Entodinium, Eudiplodinium, Metadinium, Enoploplastron und Epidinium zusammensetzte.

Tiere aus Alaska zeigten etwa dieselben Konzentrationen wie Moschusochsen und Dallschafe (Dehority 1974). Entodinium machte dabei den grössten Teil aus (Hungate 1966) oder kam gar als alleinige Gattung vor (Dehority 1974). Diese Beobachtung könnte den tiefen pH-Wert widerspiegeln (Hungate 1966) – eine Vermutung, die durch Untersuchungen zur bakteriellen Flora von Dehority (1986a) unterstützt wird. Daneben könnten aber auch Passagerate und ein eventuelles Auftreten von Substanzen, welche auf andere Gattungen eine toxische Wirkung haben, eine Rolle spielen (Dehority 1986b).

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Elchen (*Alces alces*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	1	123.4	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	(Dehority 1974)
Freie Wildbahn	1	120.6	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Dehority 1974)
Freie Wildbahn	1	177.6	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	(Dehority 1974)
Freie Wildbahn	1	47.8	75.9	0.0	24.0	0.0	0.0	9.0	(Dehority 1995)
Freie Wildbahn	1	93.0	70.1	9.8	20.0	0.0	0.0	16.0	(Dehority 1995)
Gefangenschaft, gem.	4	81.2	68.6	3.2	27.9	0.4	0.0		(Dehority et al. 1999a)
Mittelwerte m. FV		107.3	85.8	2.2	12.0	0.1	0.0	8.3	
Mittelwerte o. FV		112.5	89.2	2.0	8.8	0.0	0.0	8.3	

### 9.2.15 Rentier (*Rangifer tarandus*)

Rentiere und Karibus gehören beide zur Spezies *Rangifer tarandus*. Die Fauna dieser Tiere wurde von verschiedenen Autoren untersucht. Lubinsky (1958a, b) studierte die Fauna von paläarktischen Rentieren aus Kanada, Westerling (1970) diejenige von finnischen Rentieren und Dehority (1975) den Panseninhalt von semidomestizierten und wilden Rentieren und Karibus in Alaska. Die durchschnittlichen Werte der totalen Ziliatenzahlen waren bei Rentieren und Karibus in Finnland und Alaska relativ ähnlich (Westerling 1970; Dehority 1975), es gab aber einen Unterschied zwischen den Sommer- und den Winterwerten. Generell war die Protozoenkonzentration bei Rentieren und Karibus leicht höher als bei anderen arktischen Wiederkäuern (Dehority 1974) und beträchtlich höher als bei domestizierten Wiederkäuern, welche Rauhfutter oder Grasweide frassen (Hungate 1966; Dehority 1975; Hobson et al. 1976; Imai et al. 2004). Die Fauna der semidomestizierten Tiere war für Rentiere atypisch und glich derjenigen von domestizierten Wiederkäuern in dieser Region. Die generischen Konzentrationen der Protozoen bei finnischen Rentieren und Karibus aus Alaska waren ähnlich mit Ausnahme eines höheren Anteils von Epidinium in den Sommerproben bei Karibus.

Dogiel (1927) fand bei Rentieren die Gattungen Entodinium, Diplodinium, Eudiplodinium, Ostracodinium und Epidinium.

In einer Studie von Westerling (1970) wurden frei lebende Rentiere aus dem finnischen Lappland untersucht. Von den 19 gefundenen Spezies, konnte *Da. ruminantium* als einzige Holotrichenspezies nachgewiesen werden. Entodinium wurde durch 8 Spezies repräsentiert. Die Zahl der Spezies schien in dieser Studie nicht mit der Jahreszeit zu variieren. Es ist bemerkenswert, dass Rentiere sogar im Winter, wo das Rohprotein nur etwa 3 % bis 4 % der Futter-Trockensubstanz ausmachte, grosse Ziliatenmassen aufrechterhalten konnten, vermutlich aufgrund des enterohepatischen Stickstoffkreislaufs.

Hobson et al. (1976) analysierten die Mikroorganismen beim Rentier im schottischen Hochland. Sie fanden einige seltene Epidinium-Spezies wie sie auch bei Schafen gesehen wurden. Ebenso wurden Enoploplastron, Ostracodinium und wenige Eremoplastron, *Di. costratum*, Entodinium und Dasytricha festgestellt. Isotricha jedoch wurden nicht gefunden. Die Zahlen waren höher als die von Giesecke (1970) beschriebenen Werte von Rentieren in Lappland mit einer winterlichen Fütterung aus Blättern und Nadeln von Bäumen und Büschen, und etwa im selben Bereich wie die vom selben Autor beschriebenen Zahlen für Rentiere mit einer intensiven Haferfütterung.

Die Proben von semidomestizierten Rentieren aus der Mongolei beinhalteten 18 Spezies und acht Gattungen. Der Anteil der Entodinium war am höchsten, gefolgt von denjenigen von Eudiplodinium und Epidinium (Imai et al. 2004).

**Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Rentieren (*Rangifer tarandus*)**

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Sommer	3	222.0	93.4	0.00	2.8	3.7	0.0		(Dehority 1975)
			85.6	2.8	11.5	0.0	0.1	18.0	(Dehority 1975)
Veg.	7	248.0	77.3						(Dehority 1975)
Winter	3	250.0	83.0						(Dehority 1975)
Freie Wildbahn								21.0	(Dogiel 1927)
Game Ranch	3	188.0	70.4	6.1	21.1	2.1	0.3	18.0	(Imai et al. 2004)
			76.7	4.4	18.3	0.4	0.2	20.0	(Westerling 1970)
Game Ranch		577.0							(Westerling 1970)
Game Ranch	17	0.4	77.2	8.2	15.1	0.3	0.0		(Westerling 1970)
Game Ranch	12	0.3	76.0	3.9	19.2	1.0	0.0		(Westerling 1970)
Game Ranch	50	0.2	77.8	2.2	19.8	0.8	0.0		(Westerling 1970)
Game Ranch	20	0.2	75.8	5.1	18.7	0.4	0.0		(Westerling 1970)
Game Ranch	20	0.2	73.8	4.4	21.4	0.2	0.0		(Westerling 1970)
Game Ranch	24	0.2	76.5	4.3	19.3	0.2	0.0		(Westerling 1970)
Game Ranch, rest	13	55.6	81.4	2.9	15.7	0.5	0.0		(Westerling 1970)
Game Ranch, rest	15	0.1	74.8	4.5	20.6	0.2	0.0		(Westerling 1970)
Game Ranch, rest		0.2							(Westerling 1970)
Game Ranch, rest		0.1							(Westerling 1970)
Game Ranch, Veg.	79	306.0	77.0	4.8	17.6	0.5	0.0	19.0	(Westerling 1970)
Game Ranch, Winter	64	206.0	75.4	4.6	19.8	0.2	0.0	19.0	(Westerling 1970)
Mittelwerte o. FV		120.9	78.3	4.2	17.2	0.8	0.0	19.2	

## 9.2.16 Bison (*Bison bison*)

In einer Studie von Towne et al. (1989) wurden Bisons und Herefordrinder mit Luzerneheu oder Prarieheu gefutert. Obwohl in einer früheren Studie von höheren Protozoenkonzentrationen und Zellvolumina bei Bisons im Vergleich zu Rindern berichtet wurden (Towne et al. 1988a), waren in dieser Untersuchung die Protozoenzahlen nicht verschieden. Alle Tiere besaßen eine Typ AB-Fauna, wobei ihnen ursprünglich eine B-Fauna eigen war. Der Grund des Wechsels wurde nicht gefunden. Die Tiere aus der Studie von 1988 (Towne et al.) beherbergten eine Typ B-Population, welche typisch ist für wilde Bisons (Towne et al. 1988b). Dies lässt den Schluss zu, dass Typ B-Populationen höherer Protozoenzahlen und Zellvolumina unterstützen als eine gemischte Population.

### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Bisons (*Bison bison*)

Haltung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	1	84.0							(Pearson 1967)
Freie Wildbahn	1	70.0							(Pearson 1967)
Freie Wildbahn	1	58.0							(Pearson 1967)
Freie Wildbahn	1	32.0							(Pearson 1967)
Freie Wildbahn	1	30.0							(Pearson 1967)
Freie Wildbahn	1	86.0							(Pearson 1967)
Freie Wildbahn	1	46.0							(Pearson 1967)
Freie Wildbahn	7							8.0	(Pearson 1967)
Gefangenschaft	15	*174.8	90.6	4.7	0.3	0.7	2.4		(Towne & Nagaraja 1990)
Gefangenschaft, Rau.	2	*20.2							(Towne et al. 1989)
Gefangenschaft, Rau.	2	*35.7							(Towne et al. 1989)
Gefangenschaft, Rau.	2	*32.8							(Towne et al. 1989)
Gefangenschaft, gem.	81	419.0							(Towne et al. 1989)
Gefangenschaft, Rau.	21	*27.1	55.6	3.6	28.5	6.9	6.0		(Towne et al. 1989)
Gefangenschaft, gem.	45	*210.1	90.2	1.8	4.3	1.6	2.4		(Towne et al. 1989)
Gefangenschaft, Konz.	15	*169.2	77.2	14.9	4.0	3.8	0.0		(Towne et al. 1989)
Gefangenschaft, Rau.	4	6.1	5.4	39.8	35.2	19.5	0.0		(Varel & Dehority 1989)
Gefangenschaft, gem.	4	48.6	0.5	16.4	80.7	2.6	0.0		(Varel & Dehority 1989)
Mittelwerte m. FV		91.2	53.3	13.5	25.2	6.5	1.2	8.0	
Mittelwerte o. FV		54.1	55.6	3.6	28.5	6.9	34.5	8.0	

## 9.2.17 Yak (*Bos grunniens*)

Die Pansenziliatenzusammensetzung von Yaks in der Mongolei wurde von Dogiel (1934) untersucht. Er beobachtete 8 Gattungen und 8 Spezies mit 4 Formen.

Guirong et al. (2000) untersuchten die Ziliatenzusammensetzung von Yaks an drei verschiedenen Orten in Asien (Tibet, Sichuan und innere Mongolei). Dabei fiel auf, dass die Zahl der Ziliaten stark korrelierte mit derjenigen von Rindern, welche in der Nähe gehalten wurden. *Diplodinium* sp. war die zweithäufigste Spezies und entodinische Ziliaten waren am dominantesten, aber viel geringer als Vergleichswerte von domestizierten Schafen aus Japan - wahrscheinlich, so vermuteten die Autoren, ist dies auf die getreidearme Nahrung der Yaks zurück zu führen. Dafür wurden relativ hohe Zahlen von grossen Ophryoscoleiden, wie Eudiplodinium und Metadinium, gefunden, welche die Fähigkeit besitzen, Pflanzenfragmente zu verwerten. Eine solche Ziliatenkomposition könnte laut diesen Autoren für Tiere, welche nur Gras mit geringem Nährwert fressen, vorteilhaft sein.

### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Yaks (*Bos grunniens*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn								8.0	(Dogiel 1934)
Gefangenschaft, Rau.	3	25.0	51.9	0.0	30.3	14.7	3.0	11.3	(Guirong et al. 2000)
Gefangenschaft, Rau.	9	16.0	59.8	1.6	29.5	7.7	1.4	15.6	(Guirong et al. 2000)
Gefangenschaft, Rau.	10	45.0	61.0	5.3	19.7	10.7	3.3	25.1	(Guirong et al. 2000)
Mittelwerte o. FV		28.7	57.6	2.3	26.5	11.8	1.8	17.3	

## 9.2.18 Zeburind (*Bos indicus*)

Bei den Zeburindern auf den Philippinen wurden 10 Gattungen mit 26 Spezies gefunden. Im Vergleich wurde festgestellt, dass die Ziliatenfauna der oben genannten Tiere jener der Wasserbüffel aus Ostasien ähnlicher ist, als derjenigen der Zeburinder aus Indien (Shimizu et al. 1983), was wiederum auf die Wichtigkeit des geographischen Einflusses schliessen lässt, im Gegensatz zu einer Speziesspezifität. Imai (1986) analysierte die Fauna von einheimischen Rindern in Sri Lanka und beobachtete dabei 16 Gattungen, 53 Spezies und 19 Formen. Entodinium machte den grössten Anteil aus, gefolgt von Diplodinium. Laut diesem Autor sind ein relativ geringer Anteil an Entodiniiden und ein hoher Anteil von Diplodiniiden in der Ziliatenzusammensetzung von Wiederkäuern aus tropischen Arealen charakteristisch für Tiere, die nur mit Rohfutter gefüttert werden. Bei der Betrachtung der Tabelle fällt auf, dass Zebus im Vergleich mit den übrigen Wildwiederkäuern, mit Ausnahme des indischen Sambars, zu höheren Spezieszahlen neigen, während die Protozoenkonzentrationen eher im unteren Bereich liegen.

### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Zeburindern (*Bos indicus*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Gefangenschaft								31.0	(Bonhomme-Florentin et al. 1978)
Gefangenschaft, Rau.	4	26.4						55.0	(Dehority 1986c)
Gefangenschaft, Rau.	1	51.2	42.2	0.0	26.6	20.4	11.1	34.0	(Dehority 1986c)
Gefangenschaft, Rau.	1	9.0	67.0	0.0	25.4	6.7	0.9	29.0	(Dehority 1986c)
Gefangenschaft, Rau.	1	22.6	84.6	0.0	14.0	1.4	0.0	22.0	(Dehority 1986c)
Gefangenschaft, Rau.	1	22.9	72.4	0.0	9.5	7.4	10.6	36.0	(Dehority 1986c)
Game Ranch, gem.	1	9.5	24.1	4.2	13.5	20.6	15.1		(Dehority & Odenyo 2003)
Game Ranch, gem.	1	15.1	29.1	7.7	14.6	18.3	21.4		(Dehority & Odenyo 2003)
Gefangenschaft	2							21.0	(Dogiel 1932)
Game Ranch, Rau.	20	2.9	63.5	1.0	11.6	9.6	14.3	53.0	(Imai 1986)
Game Ranch, Rau.	13	15.1	14.1	4.9	13.1	24.5	43.7	51.0	(Imai 1988)
Game Ranch, Rau.	12	10.7	14.6	4.2	11.9	26.2	42.9	36.6	(Imai 1988)
Game Ranch, Rau.	46	7.1						56.0	(Imai & Ogimoto 1984)
Game Ranch, Rau.	4	15.8						26.0	(Shimizu et al. 1983)
Game Ranch, Rau.	2		93.2	0.6	2.2	0.8	3.2		(Shimizu et al. 1983)
Game Ranch, Rau.	1		91.4	1.4	2.0	1.6	3.6		(Shimizu et al. 1983)
Game Ranch, Rau.	1		92.8	0.2	2.0	1.0	4.0		(Shimizu et al. 1983)
Game Ranch, Rau.	1		90.4	0.8	2.6	1.6	4.6		(Shimizu et al. 1983)
Mittelwerte o. FV		17.4	60.0	1.9	11.5	10.8	13.5	37.6	

### 9.2.19 Gaur (*Bos gaurus*)

Kofoed und Christenson (1934) beobachteten bei einem Gaur aus Indien 25 Spezies der Gattung Ophryoscolecidae und 3 holotriche Spezies. 11 Ophryoscolecidaespezies wurden bereits beim *Bos indicus* beschrieben (Kofoed & MacLennan 1930, 1932, 1933), wobei einige qualitative Unterschiede auftraten, mit kleineren und dickeren Ziliaten beim *Bos gaurus*, welche sich laut den Autoren auf physiologische Unterschiede der Wirte, auf die geographische Isolation oder auf unterschiedliches Futter der Wirte zurückführen lassen. 9 Spezies traten bei den Zebus nicht auf und 5 neue Spezies wurden beschrieben.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Gaurn (*Bos gaurus*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	1							28.0	(Kofoed & Christenson 1934)
Mittelwerte o. FV								28.0	

### 9.2.20 Kafferbüffel (*Syncerus caffer*)

Dogiel (1932) untersuchte den Panseninhalt von einem Kafferbüffel. Dabei fand er Spezies der Gattungen Entodinium, Epidinium, Anoplodinium, Eudiplodinium, Ostracodinium, Dasytricha und Blepharocorys.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Kafferbüffeln (*Syncerus caffer*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	1							21.0	(Dogiel 1932)
Mittelwerte o. FV								21.0	



### 9.2.21 Wasserbüffel (*Bubalis bubalis*)

Bei den Wasserbüffeln werden Sumpf- (Westindien) und Flusstypen (Ostindien) unterschieden (Gurung et al. 2002). Die Ziliatenpopulation von Flusstyp-Wasserbüffeln wurde bereits von verschiedenen Autoren untersucht (Dogiel 1928; Banerjee 1955; Borhami et al. 1967; Naga & el-Shazly 1968; Naga et al. 1969; Michalowski 1975; Dehority 1979), während diejenige des Sumpftyp-Wasserbüffels nur ein Mal beschrieben wurde (Fujita et al. 1979).

Die durchschnittliche Zahl der Protozoenspezies war bei den nepalesischen Wasserbüffeln grösser als bei solchen von benachbarten Arealen (Imai et al. 1981b; Shimizu et al. 1983; Imai & Ogimoto 1984). Der Grund dafür könnte laut den Autoren in der vermehrten Rohfutteraufnahme im Vergleich zu anderen Wasserbüffeln liegen.

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, besitzen frei lebende Büffel und solche auf Farmen niedrigere Protozoenzahlen als Tiere in Gefangenschaft. Im Vergleich zu anderen Wildwiederkäuern, wie zum Beispiel dem Zebu, besitzen Büffel relativ viele Nicht-Entodinium und hohe Diplodiniinae-Werte.

Bei Wasserbüffeln in Taiwan, die vorwiegend Zuckerrohrgras (*Saccharum officinarum*) gefressen hatten, lag die Protozoenkonzentration leicht unter den Werten von Michalowski (1975) und Dehority (1979). Dies könnte aufgrund der Fastenzeit vor der Schlachtung zustande gekommen sein (Imai et al. 1981b).

Studien, in welchen Rinder und Büffel miteinander verglichen wurden, zeigten keine einheitlichen Resultate. In einigen fiel auf, dass Rinder zu höheren Protozoenzahlen (Shimizu et al. 1983; Dehority & Orpin 1997; Machado Nogueira Filho et al. 2000) und einer grösseren Artenvielfalt (Fujita et al. 1979; Dehority & Orpin 1997) tendierten als Büffel. In anderen hingegen wurden die höheren Konzentrationen (Towne et al. 1988a; Franzolin & Dehority 1999) und die grösseren Spezieszahlen bei den Büffeln festgestellt (Machado Nogueira Filho et al. 2000) was mit der Beobachtung von höheren Protozoenzahlen bei Tieren mit einem geringen Pansenvolumen übereinstimmen würde (Purser & Moir 1966a; Nour et al. 1979). Aber auch gleich hohe Zahlen bei beiden Tierarten kamen vor (Pearson 1967; Fujita et al. 1979; Ogimoto et al. 1983).

Franzolin und Dehority (1999) führten an Rindern und Wasserbüffeln mit derselben Diät an der Universität von San Paulo in Brasilien eine Untersuchung durch, indem allen Tieren etwas Pansenflüssigkeit entnommen wurde, welche gemischt wurde und ein Teil davon jedem Tier inokuliert wurde. Die Zusammensetzung der Fauna war unterschiedlich. Büffel hatten höhere Zahlen von Diplodiniinae und Isotricha, wobei Erstere bei den Büffeln etwa 56 % ausmachten und bei den Rindern nur 3.8 %. Dass diese Unterschiede auch nach der Kreuzinokulation noch vorhanden waren lässt vermuten, dass die Bedingungen im Pansen zwischen diesen beiden Spezies unterschiedlich sind. Bei den Rindern etablierten sich zehn zusätzliche Spezies von den Büffeln, während sich bei den Büffeln nur zwei Rinderspezies erhalten konnten. Das Pansenflüssigkeitsvolumen war bei den Büffeln tiefer und die Flüssigkeitsturnoverrate höher als bei den Rindern.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Wasserbüffeln (*Bubalis bubalis*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Gefangenschaft, Rau.	1	35.8	73.3	0.0	19.1	5.6	1.9	25.0	(Dehority 1979)
Gefangenschaft, Rau.	1	22.5	73.3	0.0	10.3	1.8	14.6	22.0	(Dehority 1979)
Gefangenschaft, Rau.	1	16.6	45.9	0.4	53.5	0.2	0.0	30.0	(Dehority 1979)
Gefangenschaft, Rau.	1	20.1	47.6	0.3	46.4	0.9	0.0	35.0	(Dehority 1979)
Gefangenschaft, Rau.	1	19.4	38.5	3.5	55.2	2.8	0.0	33.0	(Dehority 1979)
Freie Wildbahn								17.0	(Dogiel 1927)
Freie Wildbahn	4	3.2	43.5	0.5	56.0	0.1	0.0	24.0	(Franzolin & Dehority 1999)
Freie Wildbahn		102.3	92.4	0.0	6.3	0.0	0.0	17.7	(Fujita et al. 1979)
Freie Wildbahn	4	*16.9							(Giesecke & Van Gylswyk 1975)
Gefangenschaft, gem.	4	12.6	53.2	1.6	17.7	15.0	11.7	44.0	(Gurung et al. 2002)
Freie Wildbahn	17	1.5	74.6	0.9	16.2	2.7	2.9	37.0	(Imai 1985)
Freie Wildbahn	10	0.7						26.0	(Imai & Ogimoto 1984)
Game Ranch	29	8.9						50.0	(Imai et al. 1981b)
Freie Wildbahn		27.0	64.0	0.0	34.9	0.0	0.0		(Imai et al. 1981c)

Freie Wildbahn		34.0	80.0	0.0	19.5	0.0	3.8		(Imai et al. 1981c)
Freie Wildbahn		43.5	96.0	0.0	3.0	0.5	0.0		(Imai et al. 1981c)
Freie Wildbahn		33.0	73.0	0.0	23.5	0.0	0.5		(Imai et al. 1981c)
Freie Wildbahn		49.5							(Imai et al. 1981c)
Freie Wildbahn								19.0	(Imai et al. 1981c)
Gefangenschaft, gem.	4	56.3	57.0	5.9	21.3	13.1	2.7	44.0	(Machado Nogueira Filho et al. 2000)
Gefangenschaft, gem.	3	32.1							(Michalowski 1975) <sup>1</sup>
Gefangenschaft, gem.	3	12.5							(Michalowski 1975) <sup>1</sup>
Gefangenschaft, gem.	3	53.9							(Michalowski 1975) <sup>1</sup>
Gefangenschaft, gem.	3		97.1	0.0	1.9	1.0	1.9		(Michalowski 1975)
Gefangenschaft, Rau.	3		87.0	0.0	11.4	1.6	11.4		(Michalowski 1975)
Gefangenschaft, gem.	3		94.1	0.0	4.2	1.7	4.2		(Michalowski 1975)
Gefangenschaft	3							13.0	(Michalowski 1975)
Gefangenschaft, gem.	2	9.6							(Nour et al. 1979)
Gefangenschaft, gem. + Urea	2	9.2							(Nour et al. 1979)
Gefangenschaft, gem. + Urea	2	4.7							(Nour et al. 1979)
Gefangenschaft, gem. + Urea	2	18.0							(Nour et al. 1979)
Gefangenschaft, gem.	2		97.4	0.0	2.0	0.6	0.0		(Nour et al. 1979)
Game Ranch	7	84.0	74.2	0.0	12.8	10.8	2.2	29.0	(Selim et al. 1996)
Game Ranch	2	4.7						11.0	(Shimizu et al. 1983)
Game Ranch	1		73.8	0.0	26.0	0.2	0.0		(Shimizu et al. 1983)
Game Ranch	1		52.2	0.0	46.8	0.0	0.0		(Shimizu et al. 1983)
Gefangenschaft, gem.	4	29.0	71.7	1.4	4.5	22.3	0.0		(Singh et al. 1993)
Gefangenschaft, Rau.	4	14.4	68.9	1.9	4.4	24.8	0.0		(Singh et al. 1993)
Gefangenschaft, gem.	4	26.8	88.6	0.2	3.6	7.6	0.0		(Singh et al. 1993)
Gefangenschaft, Rau.	4	8.6	96.0	0.0	0.5	3.5	0.0		(Singh et al. 1993)
Gefangenschaft, gem.	4	509.2							(Sinha et al. 1974) <sup>2</sup>
Gefangenschaft, gem.	4	964.0							(Sinha et al. 1974) <sup>2</sup>
Gefangenschaft, gem.		121.0	78.4	3.0	3.8	14.5	0.4		(Srivastava & Chaturvedi 1973) <sup>3</sup>
Mittelwerte m. FV		72.4	72.8	0.8	19.4	5.9	1.4	28.0	
Mittelwerte o. FV		31.5	72.4	0.1	24.5	1.5	0.9	25.6	

1) Mittelwerte der Proben zwischen 0 bis 24 Stunden nach der Fütterung

2) Mittelwerte der Proben zwischen 0 bis 8 Stunden nach der Fütterung

3) Mittelwerte der Proben zwischen 0 bis 6 Stunden nach der Fütterung

## 9.2.22 Sitatunga (*Tragelaphus spekei*)

Buisson (1924) und Dogiel (1932) sahen bei der Untersuchung des Panseninhaltes von Sitatunga nur *E. parvum*.

### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Sitatunga (*Tragelaphus spekei*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn			100.0					1.0	(Buisson 1924)
Freie Wildbahn	2		100.0					1.0	(Dogiel 1932)
Mittelwerte o. FV			100.0					1.0	

### 9.2.23 Buschbock (*Tragelaphus scriptus*)

In einer Studie von Buisson (1924) wurden bei Buschböcken die Protozoen *I. magna*, *E. parvum crassicaudatum*, *E. p. gracilicaudatum*, *E. triacum*, *Di. ventricosum dyurum*, *Di. stoky*, *Di. crustaceum* und *Opisthotrichum thomasi* gefunden. Bei einem Buschbock aus Uganda kamen Entodinium, Eudiplodinium und Epidinium im Pansen vor (Dogiel 1932).

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Buschböcken (*Tragelaphus scriptus*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn								3.0	(Dogiel 1927)
Mittelwerte o. FV								3.0	

### 9.2.24 Grosser Kudu (*Tragelaphus strepsiceros*)

Kleynhans (1982) analysierte die Fauna von Kudus von verschiedenen Regionen. Es wurden 18 Ophryoscolecidae- und 3 Isotrichidaearten im Pansen gefunden. Die Ziliaten variierten von Ort zu Ort, nur *Di. neglectum*, *Di. costatum*, *E. longinucleatum*, *E. quadricuspis* und *Da. ruminantium* wurden bei allen Tieren beobachtet.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Kudus (*Tragelaphus strepsiceros*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	7	*105.9							(Giesecke & Van Gylswyk 1975)
Freie Wildbahn								21.0	(Kleynhans 1982)
Freie Wildbahn		75.1							(Van der Wath & Myburgh 1941)
Mittelwerte o. FV		90.5						21.0	

### 9.2.25 Elenantilope (*Taurotragus oryx*)

Die einzigen Angaben zur Pansenfauna von Elenantilopen stammen von Dehority und Odenyo aus dem Jahre 2003.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Elenantilopen (*Tragelaphus oryx*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	1	32.4	86.2	0.0	13.5	0.0	0.3		(Dehority & Odenyo 2003)
Freie Wildbahn	1	92.4	86.2	0.0	12.3	1.5	0.0		(Dehority & Odenyo 2003)
Mittelwert o. FV		62.4	86.2	0.0	12.9	0.8	0.2		

### 9.2.26 Buschducker (*Sylvicapra grimm*)

Buisson (1924) fand an Buschduckern *I. magna*, *E. parvum crassicaudatum*, *E. p. gracilicaudatum*, *E. triacum*, *Di. ventricosum dyurum*, *Di. stoky*, *Di. crustaceum* und *Opisthotrichum thomasi*.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Buschduckern (*Sylvicapra grimm*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn								2.0	(Dogiel 1927)
Freie Wildbahn		126.0							(Van der Wath & Myburgh 1941)
Freie Wildbahn		302.4							(Van der Wath & Myburgh 1941)
Mittelwert o. FV		214.2						2.0	

### 9.2.27 Blauducker (*Cephalophus monticula*)

Dogiel (1932) fand im Panseninhalt von einem Blauducker aus Bunyoro zwei Spezies, *E. dubardi* und *E. parvum*.

Dehority (1994) untersuchte Ducker an der Universität von Pennsylvania und führte eine Fütterungsstudie mit Rohfutter oder konzentratreichem Futter durch. Die Beschreibung dieser Studie findet sich (Kap. 3.2.8.5.1).

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Blauduckern (*Cephalophus monticula*)

Haltung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Gefangenschaft	20	1603.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(Dehority 1994)
Gefangenschaft	10	1930.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(Dehority 1994)
Gefangenschaft	10	1330.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(Dehority 1994)
Gefangenschaft, Konz.	10	2000.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(Dehority 1994)
Gefangenschaft, Rau.	10	1260.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(Dehority 1994)
Mittelwert m. FV		1624.6	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	
Mittelwert o. FV		kD	kD	kD	kD	kD	kD	kD	

### 9.2.28 Rotducker (*Cephalophus harveyi*)

In einer Studie von Hoppe et al. (1981) wurden in der Trockenzeit Rotducker untersucht, welche in grossen Höhen im Wald des Mount Kenia lebten. Die totale Protozoenzahl lag im selben Bereich wie bei anderen Wiederkäuern. Alle Protozoen gehörten der Gattung Entodinium an und es wurden nur vier Spezies gefunden, *E. dubardi*, *E. parvum*, *E. simplex* und *E. anteronucleatum*. Im Vergleich mit anderen Laubäsern wie der Giraffe (*Giraffa camelopardalis*), dem Generuk (*Lithocranius walleri*) und dem Steenbok (*Raphicerus campestris*), welche bis zu 17 Spezies beherbergen, erschien den Autoren die begrenzte Spezieszahl beim Rotducker beachtlich. In dieser Hinsicht gleichen sie eher einem anderen kleinen Laubäser, dem Dikdik, welcher meist gar keine Protozoen besitzt (Prins & Geelen 1971).

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Rotduckern (*Cephalophus harveyi*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	2	138.0							(Hoppe et al. 1981)
Mittelwerte o. FV		138.0							

### 9.2.29 Pferdeantilope (*Hippotragus equinus*)

In einer rein qualitativen Studie von Buisson (1924) wurden Pferdeantilopen untersucht. Gefunden wurden die folgenden Protozoen: *I. magna*, *E. parvum crassicaudatum*, *E. p. gracilicaudatum*, *E. triacum*, *Di. ventricosum dyurum*, *Di. stoky*, *Di. crustaceum*, *Opisthotrichum thomasi*.

Dogiel (1927) hingegen fand lediglich die Spezies *Ostracodinium stoky*.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Pferdeantilopen (*Hippotragus equinus*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn			0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	1.0	(Dogiel 1927)
Mittelwerte o. FV			0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	1.0	

### 9.2.30 Rappenantilope (*Hippotragus niger*)

In einer Studie von Van Hoven et al. (1979) wurden Rappenantilopen aus einem Park von Rhodesien untersucht. Dabei traten die Gattungen *Diplodinium*, *Entodinium*, *Isotricha* und *Dasytricha* im Panseninhalt auf. Es wurde kein Zusammenhang zwischen der Protozoenpopulation und dem Alter, dem Geschlecht, dem Körpergewicht oder der Pansengrösse gesehen.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Rappenantilopen (*Hippotragus niger*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Game Ranch	1	21.6	38.0	0.0	62.0	0.0	0.0	9.0	(Van Hoven et al. 1979)
Game Ranch	1	13.8	36.0	0.0	61.0	0.0	0.0	8.0	(Van Hoven et al. 1979)
Game Ranch	1	23.1	45.0	0.0	52.0	3.0	0.0	9.0	(Van Hoven et al. 1979)
Game Ranch	1	21.3	21.0	0.0	78.0	3.0	0.0	11.0	(Van Hoven et al. 1979)
Game Ranch	1	15.7	39.0	0.0	59.0	3.0	0.0	9.0	(Van Hoven et al. 1979)
Game Ranch	1	16.0	10.0	0.0	89.0	0.0	0.0	9.0	(Van Hoven et al. 1979)
Game Ranch	1	13.7	35.0	0.0	65.0	1.0	0.0	9.0	(Van Hoven et al. 1979)
Freie Wildbahn		18.4							(Van der Wath & Myburgh 1941)
Freie Wildbahn		31.0							(Van der Wath & Myburgh 1941)
Mittelwerte o. FV		19.4	32.0	0.0	66.6	1.4	0.0	9.1	

### 9.2.31 Wasserbock (*Kobus ellipsiprymnus*)

Bei einem Wasserbock aus Zentralafrika wurden die Gattungen *Entodinium*, *Anoploplodinium*, *Eudiplodinium*, *Ostracodinium* und *Dasytricha* gefunden (Dogiel 1932).

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Wasserböcken (*Kobus ellipsiprymnus*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	1							14.0	(Dogiel 1932)
Freie Wildbahn		30.3							(Van der Wath & Myburgh 1941)
Mittelwert o. FV		30.3						14.0	

### 9.2.32 Kob (*Kobus kob*)

Uganda Kobs (*Adenota kobus thomasi*) aus Zentralafrika besaßen die Spezies *E. parvum*, *Anoploplodinium costatum minor*, *Eu. maggii*, *Eu. medium medium*, *Ostracodinium gracile fissilaminatum* und *Da. ruminantium* (Dogiel 1932).

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Kob (*Kobus kob*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	2							6.0	(Dogiel 1932)
Mittelwerte o. FV								6.0	

### 9.2.33 Litschi-Wasserbock (*Kobus leche kafuensis*)

Imai et al. (1992) analysierten die Fauna von Litschi-Wasserböcken in Zambia. Ihre Spezieszahl war vielfältiger als bei den meisten afrikanischen Laubäsern, aber Spezies der Isotrichidae wurden keine gefunden. Bemerkenswert war der Reichtum an Spezies und Formen der Gattung Diplodiniidae. Eine reiche Diplodinium- und eine arme Entodiniumfauna könnten vom limitierten Futter der Tiere herrühren.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Litschi-Wasserböcken (*Kobus leche kafuensis*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	76	25.7	63.4	0.0	34.5	0.0	2.1	24.0	(Imai et al. 1992)
Mittelwerte o. FV		25.7	63.4	0.0	34.5	0.0	2.1	24.0	

### 9.2.34 Riedbock (*Redunca redunca*)

Dogiel (1932) untersuchte die Fauna von einem Riedbock aus Uganda. Er fand *Anoploplodinium costatum minor*, *Eu. maggii*, *Eu. medium medium* und *Ostracodinium gracile fissilaminatum*.

In einer Studie von Van Hoven (1983) wurden Pansenproben von Viktoriasee-Riedböcken entnommen, welche 18 Spezies enthielten. *Diplodinium (Ostracodinium) bohor* n. sp. wurde bei allen Tieren gefunden. Mit dieser Studie wurde weiter abgesichert, dass die wilden afrikanischen Wiederkäuer zu den B-Typen zählen, bei welchen *Epidinium* spp. und *Di. maggii* allein oder zusammen auftreten und *P. multivesiculatum* fehlt.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Riedböcken (*Redunca redunca*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	1							4.0	(Dogiel 1932)
Freie Wildbahn								18.0	(Van Hoven 1983)
Freie Wildbahn		29.70							(Van der Wath & Myburgh 1941)
Mittelwerte o. FV		29.70						11.0	

### 9.2.35 Grossriedbock (*Redunca arundinum*)

Van Hoven (1983) analysierte Pansenproben von Grossriedböcken aus Afrika und fand in diesen 13 Ziliatenspezies.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Grossriedböcken (*Redunca arundinum arundinum*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	10							13.0	(Van Hoven 1983)
Mittelwerte o. FV								13.0	

### 9.2.36 Bergriedbock (*Redunca fulvorufula*)

In einer Studie von Van Hoven (1983) wurden Pansenproben von Bergriedböcken aus Afrika untersucht, welche 22 Protozoenspezies beherbergten. Im Gegensatz zu den Gross- und den Viktoriaseeriedböcken, wurden bei diesen Tieren keine *D. (Eudiplodinium) microlateralis* beobachtet.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Bergriedböcken (*Redunca fulvorufula*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	34							22.0	(Van Hoven 1983)
Mittelwerte o. FV								22.0	

### 9.2.37 Klippspringer (*Oreotragus oreotragus*)

Angaben zu Protozoen bei Klippspringern, wurden lediglich im Paper von Van der Wath und Myburgh (1941) gefunden.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Klippspringern (*Oreotragus oreotragus*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn		116.1							(Van der Wath & Myburgh 1941)
Mittelwerte o. FV		116.1							

### 9.2.38 Steinböckchen (*Raphiceros rufescens*)

Dogiel (1927) fand bei *Raphiceros* sp. die Gattungen Entodinium, Diplodinium, Ostracodinium und Epidinium.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Steinböcken (*Raphiceros rufescens*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn								7.0	(Dogiel 1927)
Freie Wildbahn		37.6							(Van der Wath & Myburgh 1941)
Mittelwerte o. FV		37.6						7.0	

### 9.2.39 Güntherdikdik (*Madoqua guentheri*)

Die Ergebnisse von Untersuchungen an Dikdiks fielen sehr uneinheitlich aus. Während Dehority und Odenyo (2003) relativ hohe Protozoenzahlen fanden, waren die von Prins und Geelen (1971) untersuchten Tiere protozoenfrei. Dogiel (1927) fand bei *Madoqua* ssp. Protozoen der Gattungen Entodinium, Diplodinium, Eudiplodinium, Ostracodinium und Opisthotrichum.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Dikdik (*Madoqua guentheri*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	1	229.4	65.6	0.0	21.4	0.0	13.0		(Dehority & Odenyo 2003)
Freie Wildbahn								10.0	(Dogiel 1927)
Freie Wildbahn		0.0							(Prins & Geelen 1971)
Mittelwerte o. FV		114.7	65.6	0.0	21.4	0.0	13.0	10.0	

### 9.2.40 Hirschziegenantilope (*Antilope cervicapra*)

Die Zahl der Ziliaten lag bei Hirschziegenantilopen im Bereich von  $10^6$ /ml, wenn sie ad libitum grünen Hafer oder drittem Schnitt Ägyptischen Klee (*Trifolium alexandrinum*) erhielten (Kamra et al. 1991), wobei letzterer in anderen Versuchen zu signifikant höheren Zahlen führte als Hafer (Dehority 1995).

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Hirschziegenantilopen (*Antilope cervicapra*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Gefangenschaft, gem., 0h (T1)	1	107.0				4.67			(Agarwal et al. 1996)
Gefangenschaft, gem., 2h (T1)	1	130.3				5.45			(Agarwal et al. 1996)
Gefangenschaft, gem., 4h (T1)	1	193.6				4.03			(Agarwal et al. 1996)
Gefangenschaft, gem., 6h (T1)	1	122.8				3.91			(Agarwal et al. 1996)
Gefangenschaft, gem., 8h (T1)	1	186.8				2.94			(Agarwal et al. 1996)
Gefangenschaft, gem., 0h (T2)	1	264.4				1.93			(Agarwal et al. 1996)
Gefangenschaft, gem., 2h (T2)	1	230.6				1.78			(Agarwal et al. 1996)
Gefangenschaft, gem., 4h (T2)	1	195.9				1.89			(Agarwal et al. 1996)
Gefangenschaft, gem., 6h (T2)	1	328.6				2.68			(Agarwal et al. 1996)
Gefangenschaft, gem., 8h (T2)	1	258.5				3.29			(Agarwal et al. 1996)
Mittelwerte m. FV		201.9				3.26			
Mittelwerte o. FV		kD				kD			

T1: geringer Maisanteil in der Ration, T2: hoher Maisanteil in der Ration

### 9.2.41 Thomson-Gazelle (*Gazella thomsonii*)

Bei einer von Dogiel (1932) untersuchten Thomson-Gazelle kam nur *E. dubardi* vor. Dehority und Odenyo (2003) hingegen fanden gar keine Protozoen im Panseninhalt einer afrikanischen Thomson-Gazelle. Dies könnte laut den Autoren von einem sehr leicht verdaulichen Futter mit nachfolgend tiefem pH-Wert im Pansen oder von einer sehr schnellen Passagerate herrühren.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Thomson-Gazellen (*Gazella thomsonii*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	1	0.0							(Dehority & Odenyo 2003)
Freie Wildbahn			100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(Dogiel 1927)
Mittelwerte o. FV		0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

### 9.2.42 Grantgazelle (*Gazella granti*)

Untersuchungen zur Pansenfauna von Grantgazellen wurden lediglich von Dehority und Odenyo (2003) durchgeführt.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Grantgazellen (*Gazella granti*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	1	234.7	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Dehority & Odenyo 2003)
Freie Wildbahn	1	0.0							(Dehority & Odenyo 2003)
Mittelwerte o. FV		117.4	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		



### 9.2.43 Kropfgazelle (*Procapra gutturosa*)

Imai und Rung (1990a) untersuchten die Protozoenfauna bei Kropfantilopen in der Wintersaison. Angaben zu Werten im Sommer wurden leider keine gefunden.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Kropgazellen (*Procapra gutturosa*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn, Winter	1	21.1	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	(Imai & Rung 1990a)
Freie Wildbahn, Winter	1	40.2	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(Imai & Rung 1990a)
Freie Wildbahn, Winter	1	67.7	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	(Imai & Rung 1990a)
Freie Wildbahn, Winter	1	13.4	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	(Imai & Rung 1990a)
Freie Wildbahn, Winter	1	12.3	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	(Imai & Rung 1990a)
Mittelwerte o. FV		30.9	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	

### 9.2.44 Springbock (*Antidorcas marsupialis*)

In einer Studie von Wilkinson und Van Hoven (1976) wurden drei Springbock-Unterarten, *Antidorcas marsupialis marsupialis* (Südafrika), *A. m. hofmeyri* (südlicher Teil von Westafrika und Botswana) und *A. m. angolensis* (nördliches Südwestafrika und Angola) aus verschiedenen Teilen Afrikas untersucht. Es wurden 10 Protozoenspezies, welche allesamt der Gattung Entodinium angehörten, beobachtet. Da die Proben über eine längere Zeit und aus verschiedenen Arealen gesammelt wurden, kann davon ausgegangen werden, dass diese reine Entodiniumfauna konstant ist. Auch Giesecke und van Gylswyk (1975) fanden eine reine Entodiniumfauna bei Springböcken.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Springböcken (*Antidorcas marsupialis*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	20	242.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	(Wilkinson & Van Hoven 1976)
Freie Wildbahn	3	*57.9	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0		(Giesecke & Van Gylswyk 1975)
Mittelwerte o. FV		150.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	

### 9.2.45 Impala (*Aepyceros melampus*)

Bei Impalas fand Dogiel (1927) die Gattungen Entodinium, Eudiplodinium und Ostracodinium.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Impalas (*Aepyceros melampus*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn, Mai, Okt	1	139.6	59.6	13.2	27.2	0.0	0.0		(Dehority & Odenyo 2003)
Freie Wildbahn								4.0	(Dogiel 1927)
Freie Wildbahn, Trockenzeit	5	*62.9							(Giesecke & Van Gylswyk 1975)
Freie Wildbahn, Trockenzeit	5	*40.0							(Giesecke & Van Gylswyk 1975)
Freie Wildbahn		101.2							(Van der Wath & Myburgh 1941)
Freie Wildbahn		827.1							(Van der Wath & Myburgh 1941)
Freie Wildbahn		129.6							(Van der Wath & Myburgh 1941)
Mittelwerte o. FV		216.7	59.6	13.2	27.2	0.0	0.0	4.0	

### 9.2.46 Gnu (*Connochaetes taurinus*)

Bereits im Jahre 1941 erschien die erste Publikation zur Pansenfauna von Gnus in freier Wildbahn (Van der Wath & Myburgh). Untersuchungen in Gefangenschaft wurden hingegen keine gefunden.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Gnus (*Connochaetes taurinus*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	1	20.4	15.3	0.0	76.2	1.3	7.3		(Dehority & Odenyo 2003)
Freie Wildbahn	1	79.4	15.6	0.0	78.1	3.5	2.8		(Dehority & Odenyo 2003)
Freie Wildbahn	6	*39.8							(Giesecke & Van Gylswyk 1975)
Freie Wildbahn		22.4							(Van der Wath & Myburgh 1941)
Freie Wildbahn		47.2							(Van der Wath & Myburgh 1941)
Mittelwerte o. FV		42.4	15.4	0.0	77.2	2.4	5.1		

### 9.2.47 Kuhantilope (*Acelaphus buselaphus*)

Dehority und Odenyo (2003) untersuchten neben der Pansenfauna zahlreicher anderer Tierarten auch diejenige von Kuhantilopen.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Kuhantilopen (*Acelaphus buselaphus*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	1	12.8	16.2	0.0	80.7	0.0	3.1		(Dehority & Odenyo 2003)
Freie Wildbahn	1	75.7	6.1	0.0	87.5	0.0	6.3		(Dehority & Odenyo 2003)
Mittelwerte o. FV		44.3	11.2	0.0	84.1	0.0	4.7		

### 9.2.48 Leierantilope (*Damaliscus lunatus*)

Van Hoven et al. (1975) untersuchten den Panseninhalt von Leierantilopen zu verschiedenen Jahreszeiten. Die Angaben dazu erfolgten rein qualitativ und werden im Kapitel „saisonale Schwankungen“ wiedergegeben.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Leierantilopen (*Damaliscus lunatus*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	5	31.0	17.6	0.0	52.4	0.0	30.0	18.0	(Ito et al. 1997)
Freie Wildbahn		33.7							(Van der Wath & Myburgh 1941)
Freie Wildbahn	16		34.0			0.0		18.0	(Van Hoven 1975)
Mittelwerte o. FV		32.4	25.8	0.0	52.4	0.0	30.0	18.0	

### 9.2.49 Buntbock (*Damaliscus dorcas*)

Die jahreszeitlichen Schwankungen in der Protozoenfauna des Buntbocks wurden im Abschnitt „saisonale Schwankungen“ dargestellt. Van Hoven (1978) erklärt die hohe Anzahl von Entodinium im Sommer durch den zu dieser Zeit hohen Gehalt des Grases an Substanzen wie Stärke, löslichen Kohlenhydraten, Proteinen und Aminosäuren, welche von Entodinium aktiv aufgenommen und verwertet werden. Die niedrige Zahl im Winter resultiert laut diesem Autor aus der Zusammensetzung

der Pflanzen aus vorwiegend strukturellen und unlöslichen Kohlenhydraten, wie Lignin und Zellulose, welche von den Entodinen nicht aufgenommen werden (Van Hoven 1978).

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Buntböcken (*Damaliscus dorcas*)

Haltung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn, Frühl.	3	20.3	15.7	3.0	57.4	0.0	23.7		(Van Hoven 1978)
Freie Wildbahn, Sommer	3	27.6	25.2	0.7	63.3	0.0	10.8		(Van Hoven 1978)
Freie Wildbahn, Herbst	3	29.2	17.8	2.0	48.9	0.0	21.3		(Van Hoven 1978)
Freie Wildbahn, Winter	3	46.6	40.2	2.5	32.8	0.0	24.5		(Van Hoven 1978)
Freie Wildbahn, Frühl.	3	37.2	25.7	1.0	53.4	0.0	19.8		(Van Hoven 1978)
Freie Wildbahn, Sommer	3	22.7	24.2	0.5	68.6	0.0	6.91		(Van Hoven 1978)
Freie Wildbahn, Herbst	3	19.3	34.3	1.0	53.0	0.0	11.5		(Van Hoven 1978)
Freie Wildbahn	26							8.0	(Van Hoven 1978)
Mittelwerte o. FV		29.0	26.2	1.5	53.9	0.0	16.9	8.0	

### 9.2.50 Gemse (*Rupicapra rupicapra*)

Die Gesamtzahlen der Protozoen bei Gamsen schwankten in weiten Grenzen (Drescher-Kaden 1981). Bei Gamsen aus den Jeseniky Mountains wurden 9 Entodiniumspezies und je eine von Diplodinium, Eremoplastron, Eudiplodinium und Epidinium gefunden (Crha et al. 1985), bei Tieren aus den slowenischen Bergen 8 Spezies (Wertheim 1934a), und bei denen aus den bayrischen Bergen 18 (Christl 1955). Der grössere Artenreichtum Letzterer lässt sich laut dem Autor an Hand der viel höheren Besatzdichte deutscher Reviere erklären.

Weder Crha et al. (1985) noch Blancou et al. (1984) fanden Holotriche. Drescher-Kaden (1981) beobachtete solche bei 5 % der Tiere, wobei sie bei den Tieren aus dem Alpenraum häufiger vorkamen als im Voralpenraum. Laut der Autorin liegt die Vermutung nahe, dass sie durch den Kontakt zu Rotwild oder gealpten Rindern in den Gamsenpansen gelangt waren und eventuell nur vorübergehend auftraten.

In der Studie von Drescher-Kaden (1981) waren *Entodinium* spp. bei 7.5 % der Gamsen allein vertreten. Obwohl die Entodiniumgruppe zahlenmässig ca. 80 % der Ziliaten bildete, umfassten sie nur etwa 10 % bis 20 % des Gesamtvolumens, während Diplodinia und Epidinia die Hauptmasse der Infusorien darstellten.

Drescher-Kaden (1981) zeigte einige Daten über die Besiedlung des Panseninhaltes bei Jungtieren der Gemse. Obwohl die Proportionen der Verdauungstraktabschnitte zwei Monate alter Wiederkäuer noch erlauben, diese als funktionelle Säuger einzustufen und sich diese Tiere vorwiegend von Milch ernähren, wurden schon relativ hohe Protozoenzahlen im Pansen gefunden, welche mit steigendem Gewicht weiter zunahmen. Bei adulten Gamsen wurde gesehen, dass die Zahl im Sommer etwa doppelt so hoch ist wie im Winter.

Bei Gamsen kamen Extremfälle mit 100 % Entodinia nur im Sommer und bei den Männchen in der Brunft (Winter) vor. Hingegen sank der Anteil an Epidinia signifikant im Winter, während die der Diplodinia anstieg (Drescher-Kaden & Seifelnasr 1977).

#### Anteil der einzelnen Gattung an der Gesamtmenge (Zahl, Volumina in %)(Drescher-Kaden & Seifelnasr 1977)

	Gemse		Rothirsch	
	Sommer	Winter	Sommer	Winter
<b>Entodinia</b>				
Der Zahl	79.6		70.2	83.3
Der Volumina	24.2	17.0	17.4	28.3
<b>Diplodinia</b>				
Der Zahl	3.1	12.6	8.6	10.5
Der Volumina	21.0	55.2	40.9	53.6

**Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Gemsen (*Rupicapra rupicapra*)**

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	1	150.0	90.9	0.0	9.1	0.0	0.0	5.0	(Blancou et al. 1984)
Freie Wildbahn	1	74.0	74.3	25.7	0.0	0.0	0.0	5.0	(Blancou et al. 1984)
Freie Wildbahn	1	51.0	83.8	16.2	0.0	0.0	0.0	6.0	(Blancou et al. 1984)
Freie Wildbahn	1	120.0	85.4	11.1	3.5	0.0	0.0	10.0	(Blancou et al. 1984)
Freie Wildbahn	1	100.0	89.7	6.7	3.6	0.0	0.0	13.0	(Blancou et al. 1984)
Freie Wildbahn	1	69.0	84.8	11.1	4.2	0.0	0.0	9.0	(Blancou et al. 1984)
Freie Wildbahn	1	200.0	91.9	3.0	5.1	0.0	0.0	9.0	(Blancou et al. 1984)
Freie Wildbahn	1	130.0	83.0	14.3	2.6	0.0	0.0	8.0	(Blancou et al. 1984)
Freie Wildbahn	1	99.0	90.0	9.1	1.0	0.0	0.0	10.0	(Blancou et al. 1984)
Freie Wildbahn	1	97.0	78.7	17.2	4.1	0.0	0.0	8.0	(Blancou et al. 1984)
Freie Wildbahn	1	140.0	95.5	3.5	1.1	0.0	0.0	8.0	(Blancou et al. 1984)
Freie Wildbahn	1	71.0	83.6	12.6	3.8	0.0	0.0	10.0	(Blancou et al. 1984)
Freie Wildbahn	1	200.0	81.6	15.8	2.6	0.0	0.0	7.0	(Blancou et al. 1984)
Freie Wildbahn	1	400.0	91.1	4.7	4.2	0.0	0.0	8.0	(Blancou et al. 1984)
Freie Wildbahn	1	120.0	88.4	9.6	2.0	0.0	0.0	9.0	(Blancou et al. 1984)
Freie Wildbahn	5					0.0		18.0	(Christl 1955)
Freie Wildbahn	10	79.2						13.0	(Crha et al. 1985)
Freie Wildbahn	1	78.2	94.3	0.4	2.2	0.0	3.2		(Crha et al. 1985)
Freie Wildbahn	1	85.6	97.2	0.0	2.6	0.0	0.0		(Crha et al. 1985)
Freie Wildbahn	1	64.5	96.9	0.0	1.6	0.0	1.6		(Crha et al. 1985)
Freie Wildbahn	1	23.8	91.6	28.2	2.5	0.0	2.9		(Crha et al. 1985)
Freie Wildbahn	1	135.1	92.7	4.0	2.9	0.0	0.7		(Crha et al. 1985)
Freie Wildbahn	1	72.8	98.2	0.0	1.6	0.0	0.1		(Crha et al. 1985)
Freie Wildbahn	1	132.8	94.5	0.1	1.9	0.0	3.2		(Crha et al. 1985)
Freie Wildbahn	1	102.9	89.3	2.2	0.7	0.0	7.8		(Crha et al. 1985)
Freie Wildbahn	1	43.9	95.4	0.0	1.1	0.0	3.4		(Crha et al. 1985)
Freie Wildbahn	1	52.4	90.8	0.0	2.9	0.0	6.3		(Crha et al. 1985)
Freie Wildbahn, juvenil	1	*6.7	77.6	19.1	3.3	0.0	0.0		(Drescher-Kaden 1981)
Freie Wildbahn, juvenil	1	*13.6	95.0	0.0	5.0	0.0	0.0		(Drescher-Kaden 1981)
Freie Wildbahn, juvenil	1	*40.0	85.0	10.0	5.0	0.0	0.0		(Drescher-Kaden 1981)
Freie Wildbahn, juvenil	2	*100.0	90.0	4.5	5.5	0.0	0.0		(Drescher-Kaden 1981)
Freie Wildbahn, Veg.	94	*145.2	82.8	13.8	3.4	0.1	0.0		(Drescher-Kaden 1981)
Freie Wildbahn, Winter	26	*73.6	80.9	9.2	9.9	0.0	0.0		(Drescher-Kaden 1981)
Freie Wildbahn	5	*31.1							(Giesecke & Van Gylswyk 1975)
Freie Wildbahn	3		81.6	6.6	0.0	0.0	11.8	8.0	(Wertheim 1934a)
Mittelwerte o. FV		100.1	88.3	8.1	3.1	0.0	1.3	9.1	

### 9.2.51 Japanischer Serau (*Capricornis crispus*)

Imai et al. (1981a) analysierten die Fauna von japanischen Seraus. Die Ziliatenzahl war mit  $14 \times 10^4/\text{ml}$  etwa gleich wie bei Rindern und Schafen (Imai et al. 1978). Es wurden 4 Gattungen und 11 Spezies gefunden, welche, mit Ausnahme von *Ep. ecaudatum* forma *capricornisi*, bereits bei domestizierten Wiederkäuern in Japan beschrieben wurden (Imai et al. 1978). Entodinium erschienen mit der höchsten Frequenz. Nur 2 der 5 Gattungen (Entodinium, Diplodinium, Enoploplastron, Epidinium und Ophryoscolex) der phylogenetisch nahe verwandten Gemsen im südlichen Europa wurden beim Serau gefunden (Christl 1955), deren 7 waren es aber bei domestizierten Wiederkäuern im Gebiet der ehemaligen Sowjetunion (Dogiel 1927) und Japan (Imai et al. 1978), was laut den Autoren den Einfluss der geographische Lokalisation auf die Ziliatenzusammensetzung aufzeigt.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von japanische Seraus (*Capricornis crispus*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		$10^4/\text{ml}$	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	31	13.8	87.70	6.30	5.30	0.7	0.00	4.9	(Imai et al. 1981a)
Mittelwerte o. FV		13.8	87.70	6.30	5.30	0.7	0.00	4.9	

### 9.2.52 Bezoarziege (*Capra aegargus*)

Bei Bezoarziegen wurden die Gattungen Entodinium, Eudiplodinium und Ophryoscolex gefunden (Dogiel 1927).

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Bezoarziegen (*Capra aegargus*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		$10^4/\text{ml}$	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn								9.0	(Dogiel 1927)
Mittelwerte o. FV								9.0	

### 9.2.53 Moufflon (*Ovis musimon*)

Die Fauna des Moufflon ist artenreicher, als sie allgemein bei Rauhfutterfressern bekannt ist. Bei der Untersuchung von 11 Tieren, fiel eines ohne Protozoen auf (9 %) (Drescher-Kaden & Seifelnasr 1977). Moufflons zeigten signifikant höhere Protozoenzahlen als Damhirsche (Kamler 1999).

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Moufflons (*Ovis musimon*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		$10^4/\text{ml}$	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	7	73.0	70.9	17.5	11.3	0.3	0.0		(Drescher-Kaden & Seifelnasr 1977)
Freie Wildbahn	4	820.0	89.8	1.6	8.5	0.1	0.0		(Drescher-Kaden & Seifelnasr 1977)
Freie Wildbahn	12	64.7							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn	12	43.8							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn	7	67.1							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn	6	61.3							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn	5	52.2							(Kamler 1999)
Freie Wildbahn	7	36.7							(Kamler 1999)
Mittelwerte o. FV		60.1	80.4	9.6	9.9	0.2	0.0		

### 9.2.54 Asiatisches Moufflon (*Ovis orientalis*)

Dogiel (1927) fand bei asiatischen Moufflons die Gattungen Entodinium, Eudiplodinium, Polyplastron, Ostracodinium und Ophryoscolex. Im Gegensatz dazu fanden Bush und Kofoed (1948) die Gattungen Entodinium, Diploplastron, Metadinium, Polyplastron und Ophryoscolex.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von asiatischen Moufflons (*Ovis orientalis*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn								8.0	(Bush & Kofoed 1948)
Freie Wildbahn								9.0	(Dogiel 1927)
Mittelwerte o. FV								8.5	

### 9.2.55 Dickhornschaf (*Ovis canadensis*)

Bush und Kofoed (1948) analysierten die Fauna eines Dickhornschafes aus Kalifornien. Sie fanden die Gattungen Entodinium, Metadinium, Polyplastron, Enoploplastron, Ophryoscolex und einzelne *Da. ruminantium* und *I. prostoma*. Von den 15 gefundenen Spezies machte Entodinium mit 9 Vertretern den Hauptanteil aus.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Dickhornschafen (*Ovis canadensis*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	1							17.0	(Bush & Kofoed 1948)
Mittelwerte o. FV								17.0	

### 9.2.56 Dallschaf (*Ovis dalli*)

Die Protozoenfauna von Dallschafen aus Alaska wurde von Dehority (1974) analysiert. Die totale Zahl der Protozoen lag im selben Bereich wie bei Moschusochsen und Elchen. Bei den Dallschafen wurden neben Entodinium und Diplodinium auch relativ hohe Anteile von Ophryoscolex entdeckt, aber keine Holotrichen.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Dallschafen (*Ovis dalli*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn	1	155.0	85.4	0.0	5.8	0.0	8.9	13.0	(Dehority 1974)
Freie Wildbahn	1	142.1	86.0	0.0	6.4	0.0	7.6	12.0	(Dehority 1974)
Mittelwerte o. FV		148.6	85.7	0.0	6.1	0.0	8.3	12.5	

### 9.2.57 Schneeschaf (*Ovis nivicola*)

Bush und Kofoed (1948) studierten die Fauna eines Schneeschafes und fanden 7 Spezies der Gattungen Entodinium, Diploplastron, Metadinium, Polyplastron und Ophryoscolex.

#### Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Schneeschafen (*Ovis nivicola*)

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Holo	Rest	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Freie Wildbahn								7.0	(Bush & Kofoed 1948)
Mittelwert o. FV								7.0	

## 9.2.58 Moschusochse (*Ovibos moschatus*)

Aus Proben von Moschusochsen aus der kanadischen Arktis konnten 24 Protozoenspezies isoliert werden (Tener 1965). Der Panseninhalt von semidomestizierten, geweideten Moschusochsen der Universität von Alaska, war viel simpler und beherbergte nur 10 Protozoenarten, die sich aus Entodinium, Diplodinium und Holotrichen zusammensetzte (Dehority 1974).

Im Vergleich zu anderen arktischen Wiederkäuern, die als Mischfresser klassifiziert sind, liegen die totalen Protozoenzahlen (Dehority 1974) und der prozentuale Anteil von Entodinium bei den Moschusochsen etwas tiefer und derjenige von Diplodinium beträchtlich höher (Dehority 1985), was auf eine besonders faserhaltige Nahrung schliessen lassen könnte.

**Tabelle 6: Angaben zur Protozoenkonzentration und zur Zusammensetzung der Protozoenfauna im Panseninhalt von Moschusochsen (*Ovibos moschatus*)**

Haltung, Fütterung	n	Gesamt	Ent	Ep	Dip	Rest	Holo	Sp	Quelle
		10 <sup>4</sup> /ml	%	%	%	%	%		
Game Ranch	1	78.7	47.3	2.3	50.4	0.0	0.0		(Dehority 1985)
Game Ranch	1	80.8	50.9	1.9	47.2	0.0	0.0		(Dehority 1985)
Game Ranch	1	51.4	54.3	1.6	44.2	0.0	0.0		(Dehority 1985)
Game Ranch	1	76.8	45.3	1.3	53.4	0.0	0.0	13.0	(Dehority 1985)
Game Ranch	1	71.9	50.5	1.2	48.3	0.0	0.0		(Dehority 1985)
Game Ranch	1	89.3	60.8	2.2	37.1	0.0	0.0		(Dehority 1985)
Game Ranch	1	124.6	49.5	1.1	49.4	0.0	0.0		(Dehority 1985)
Game Ranch	1	101.4	56.8	1.1	42.1	0.0	0.0		(Dehority 1985)
Game Ranch	1	68.5	45.6	0.7	53.7	0.0	0.0		(Dehority 1985)
Game Ranch	1	38.5	62.8	1.9	35.3	0.0	0.0		(Dehority 1985)
Game Ranch	1		58.6	3.1	38.2	0.0	0.0	17.0	(Dehority 1985)
Game Ranch	1		49.8	4.0	46.3	0.0	0.0	18.0	(Dehority 1985)
Game Ranch	1		49.2	0.0	50.8	0.0	0.0	12.0	(Dehority 1985)
Game Ranch	1	74.3	87.9	0.0	9.8	0.0	2.4		(Dehority 1974)
Game Ranch	1	77.9	90.0	0.0	6.1	0.0	4.0	8.0	(Dehority 1974)
Game Ranch	1	155.4	91.6	0.0	1.9	0.0	6.5	8.0	(Dehority 1974)
Freie Wildbahn	6							24.0	(Tener 1965)
Mittelwerte o. FV		83.8	59.4	1.4	38.4	0.0	0.8	14.3	

---

## 10 DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich all denen danken, die mich bei dieser Arbeit unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt:

Herrn Prof. Dr. Jean-Michel Hatt für das Überlassen des Themas.

Herrn PD Dr. Marcus Clauss für die gute und geduldige Betreuung während der ganzen Arbeit und die Übernahme des Referates.

Herrn Prof. Dr. Karl-Heinz Südekum für die Durchsicht des Manuskriptes und die Übernahme des Korreferates.

Herrn Dr. Hanspeter Steinmetz für die Hilfe bei Schwierigkeiten technischer Art.

Den Mitarbeiterinnen der Klinik für Zoo-, Heim- und Wildtiere für die moralische Unterstützung während der ganzen Arbeit und für die tolle Zeit.

Den Bibliothekarinnen der Vetsuisse Fakultät Zürich, insbesondere Frau Barbara Schneider, für die Suche unzähliger exotischer Paper.

Frau Sabine Müller für die sprachlichen Inputs und die Durchsicht des Manuskriptes.

Meiner Familie, meinem Freund Marc und meinen Freunden für die grosse Unterstützung und Ihr Vertrauen, welches sie mir während meiner Ausbildung und im Verlaufe dieser Arbeit stets entgegenbrachten.



---

## LEBENS LAUF

Name	Katharina Müller
Geburtsdatum	27. März 1979
Geburtsort	Winterthur
Nationalität	Schweizerin
Heimatort	Göttingen (TG)

1986 – 1992	Primarschule in Embrach
1992 – 1994	Sekundarschule in Embrach
1994 – 1999	Kantonsschule Zürcher Unterland in Bülach
1999	Maturität Typ C
1999 – 2004	Studium der Veterinärmedizin an der Universität Zürich, Schweiz
November 2004	Staatsexamen an der Universität Zürich, Schweiz
2005 – 2009	Doktorandin an der Klinik für Zoo-, Heim- und Wildtiere der Vetsuisse-Fakultät, Zürich
2007	seit 1. Juli 2007 Assistenztierärztin in der Praxis Dr. R. Hauser in Fällanden, Schweiz